



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**RANCANGAN BANGUN SISTEM PINTU OTOMASTIS BERBASIS
MIKROKONTROLER AT89S51
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIR KC7783R**

SKRIPSI



**WAHIDAYATI ALI
06214027**

**UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2008**

**RANCANG BANGUN SISTEM PINTU OTOMATIS BERBASIS
MIKROKONTROLER AT89S51
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIR KC7783R**

oleh: Wahidayati Ali, S.Pd
(Di bawah bimbingan Dr. Akrajas dan Drs. Wildian, M.Si)

RINGKASAN

Sistem otomatis pada pintu dapat mempermudah dan meringankan suatu pekerjaan dalam membuka dan menutup pintu (kita tidak lagi membuka dan menutup pintu secara manual) sehingga menghasilkan *efisiensi* waktu dan *efektifitas* kerja. Hal ini akan terasa manfaatnya pada pintu yang sering dilewati oleh orang banyak.

Tujuan penelitian membuat prototipe sistem pintu otomatis berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sensor *Passive Infrared* (PIR) KC7783R. Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi jurusan Fisika FMIPA UNAND, sejak Juli 2007 sampai Maret 2008.

Bahan-bahan yang digunakan meliputi komponen-komponen elektronika untuk perancangan perangkat keras, antara lain: IC Mikrokontroler AT89S51, kapasitor polar dan non polar, *relay* magnetik, led, resistor, trafo, IC 7805, IC 7812, dioda, transistor pnp dan transistor npn, motor dc, tombol (*switch*), modul sensor PIR KC7783R, CD room untuk prototipe pintu, akrilik, timah untuk melekatkan komponen ke pcb, dan larutan FeCl_3 . Serta alat pendukung yang digunakan meliputi PC dengan *Software Eagle* untuk merancang rangkaian, *Software MIDE-51* untuk membuat program bahasa C, *Software Isp Pgm* untuk menanamkan program ke IC Mikrokontroler AT89S51, solder, penyedot timah,

tang, gunting, bor, papan pcb, kabel, dan multimeter digital untuk mengukur hambatan, arus, kapasitansi, dan tegangan.

Pada penelitian ini ada tiga tahap yang harus dilakukan, yaitu merancang perangkat keras (*hardware*) antara lain rangkaian perangkat keras mikrokontroler, rangkaian catu daya, rangkaian *driver*, dan membuat prototipe pintu. Merancang bangun perangkat lunak (*software*) yaitu bahasa pemrograman C. dan menanamkan program bahasa C ke mikrokontroler.

Rancangan perangkat keras dimulai dari merancang gambar rangkaian menggunakan PC dengan *Software Eagle*, gambar rangkaian di *print* dan di *copy* ke *transparan*, seterusnya dipindahkan ke pcb dengan cara disterika, pcb dilubangi dengan bor, dan membuang lapisan timah dengan larutan FeCl_3 . Tahapan selanjutnya menguji rangkaian dengan ohmmeter sebelum komponen dipasang ke pcb, setelah komponen dipasang menyolder komponen ke pcb dengan timah, dan terakhir melakukan pengujian rangkaian kembali dengan ohmmeter.

Rancangan perangkat lunak (*software*) program bahasa C dibuat dengan PC menggunakan *Software MIDE-51*. Program yang telah siap dan benar ditanamkan ke dalam IC Mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan *Software Isp Pgm*.

Hasil penelitian prototipe sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler dengan PIR KC7783R yang terdiri dari empat blok rangkaian yaitu sensor modul PIR KC7783R, rangkaian mikrokontroler AT89S51, rangkaian catu daya, rangkaian *driver*, dan model pintu sebagai indikator untuk membuktikan ke empat blok rangkaian sudah berhasil.

Jika sensor mendeteksi adanya obyek, sensor menghasilkan tegangan keluaran 5 volt, sebaliknya jika sensor tidak mendeteksi adanya obyek tegangan keluaran sensor 0 volt. Jarak maksimum deteksi sensor 8 meter, artinya lebih dari 8 meter obyek tidak bisa dideteksi lagi. Selain manusia seperti kucing bisa juga dideteksi oleh sensor karena hewan juga memancarkan sinar inframerah dan mempunyai temperatur tubuh, tetapi jarak deteksinya lebih pendek dari manusia.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler dengan PIR KC7783R telah berhasil dibuat dan dapat berjalan dengan baik. Sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler ini menggunakan temperatur tubuh manusia sebagai besaran dalam proses pengendalian pintu. Sistem ini akan bekerja bila sensor merespon perubahan suhu akibat pergerakan obyek penghasil panas (manusia) maka mikrokontroler mendapat tegangan 5 volt dari rangkaian sensor, sehingga mikrokontroler akan mengaktifkan rangkaian *driver* dengan memberikan tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh rangkaian *driver* untuk membuat motor putar kanan, putar kiri dan berhenti. Sistem sensor pada sistem kontrol ini dapat mendeteksi obyek pada keadaan tanpa cahaya.

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-sebanarnya bahwa tulisan dalam tesis yang berjudul “ **RANCANG BANGUN SISTEM PINTU OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51 DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIR KC7783R** “ adalah hasil karya sendiri dan bukan merupakan jiplakan dari hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang sumbernya dicantumkan. Jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka status kelulusan dan gelar yang saya peroleh menjadi batal dengan sendirinya.

Padang, 17 Juli 2008

Yang Membuat Pernyataan



Hj. Wahidayati Ali, S.Pd



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan tanggal 11 September 1969 di Batang Tajongkek Pariaman Selatan, sabagai anak pertama dari Ibu H.Ramani Kasim dan Bapak H.Ali Uti. Penulis menamatkan SD tahun 1982, SMP tahun 1985 dan SMA pada tahun 1988 di Pariaman. Penulis memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IKIP Padang tahun 1993.

Penulis menikah dengan Drs.H.Fakhrurrazi Kasmy tanggal 17 Desember 1993, dan pergi menunaikan ibadah haji ke Tanah Suci Mekah bersama suami bulan Desember 2006.

Tahun 1995 sampai tahun 1997 penulis mengajar sebagai guru honorer di MAN 4 Jakarta, dan tahun 1997 penulis diangkat sebagai PNS ditempatkan di SLTP 41 Jakarta sampai tahun 2002. Sejak tahun 2002 penulis minta pindah ke kampung dan ditempatkan di SMAN 1 Pariaman sampai sekarang. Pada tahun 2006 memperoleh kesempatan untuk meneruskan pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Andalas dengan beasiswa dari Pemerintah Propinsi Sumatera Barat melalui Dinas Pendidikan Propinsi Sumatra Barat.

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini ditulis berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pintu Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan Menggunakan Sensor PIR KC7783R”.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dr.Akrajias sebagai ketua komisi pembimbing dan Bapak Drs.Wildian, M.Si, sebagai anggota komisi pembimbing, Bapak Drs Sri Mulyadi, M.Si; Bapak Dr Elvaswer, M.Sc; dan Ibu Dra Dwi Puji Astuti, M.Si, sebagai anggota tim penguji, yang telah memberikan arahan, kritikan, saran, dan bimbingan selama penelitian dan penulisan tesis ini sehingga tesis ini terwujud.

Kepada Ibu Hasnida, S.Pd, sebagai kepala sekolah penulis yang telah mendorong dan memberikan kesempatan untuk mengambil program beasiswa di Pascasarjana Unand ini, penulis ucapkan terima kasih. Tak lupa pula ucapan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu selama ini, khususnya untuk Pemerintah Daerah Propinsi Sumatera Barat yang telah memberikan beasiswa kepada penulis.

Akhirnya penulis berharap semoga hasil penelitian yang dituangkan dalam tesis ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang elektronika dan instrumentasi.

Padang, 17 Juli 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Manfaat Penelitian.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sinar Inframerah.....	4
2.2 Sensor Pasif Inframerah (PIR).....	5
2.3 Mikrokontroler.....	10
2.3.1 Central Processing Unit (CPU)	10
2.3.2 Bus.....	11
2.3.3 Memori.....	11
2.3.4 Port Masukan dan Port Keluaran (Port I/O).....	12
2.4 Mikrokontroler AT89S51.....	13
2.5 Perangkat Lunak Mikrokontroler AT89S51.....	16
2.6 Bahasa C untuk MCS 51.....	18

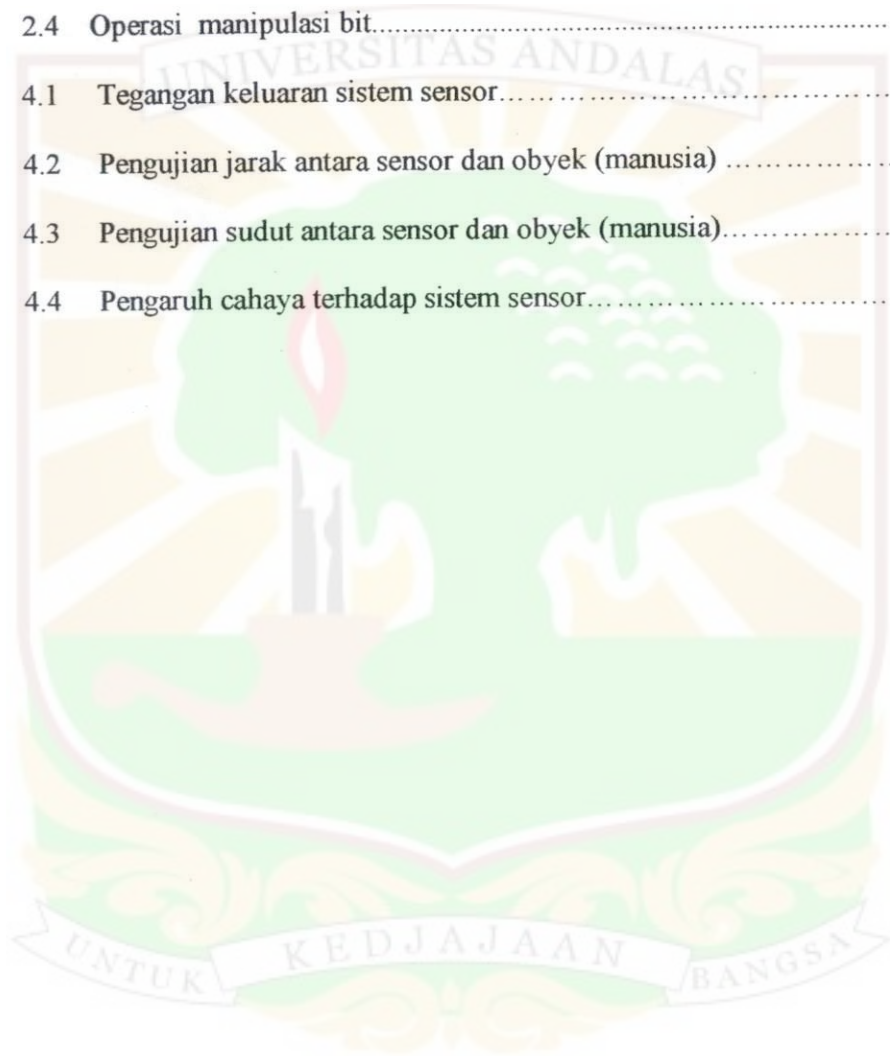
2.6.1	Dasar-Dasar Pemrograman C.....	18
2.6.2	Bentuk Umum Program C.....	21
2.7	Motor DC.....	22
2.8	Transistor sebagai Penguat Arus.....	24
2.9	Relay.....	25
III.	METODE PENELITIAN.....	26
3.1	Bahan dan Alat.....	26
3.2	Diagram Blok Sistem Pintu Otomatis.....	27
3.3	Komponen Penelitian.....	29
3.3.1	Sistem Sensor.....	29
3.3.2	Rancangan Perangkat Keras Mikrokontroler AT89S51.....	30
3.3.3	Catu Daya 5 V dan 12 V.....	32
3.3.4	Rangkaian <i>Driver</i>	34
3.4	Rancangan Bangun Perangkat Lunak.....	35
3.5	Rancangan Mekanik Pintu.....	38
3.6	Tata Laksana Penelitian.....	40
3.7	Kesulitan-Kesulitan.....	40
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1	Hasil Penelitian.....	42
4.1.1	Sensor Modul PIR KC7783R.....	42
4.1.2	Rangkaian Kontrol Mikrokontroler AT89S51.....	45
4.1.3	Rangkaian Catu Daya.....	45
4.2	Pembahasan Hasil Penelitian.....	46
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	48

5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN	51



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
2.1 Tipe data pada SDCC.....	19
2.2 Operator aritmatika dalam bahasa C.....	19
2.3 Operasi perbandingan dua nilai atau kondisi.....	20
2.4 Operasi manipulasi bit.....	20
4.1 Tegangan keluaran sistem sensor.....	42
4.2 Pengujian jarak antara sensor dan obyek (manusia)	43
4.3 Pengujian sudut antara sensor dan obyek (manusia).....	44
4.4 Pengaruh cahaya terhadap sistem sensor.....	44



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1 Persamaan rangkaian PIR	6
2.2 Bagian elektroda sensor <i>pyroelektrik</i>	7
2.3 Mikrokontroler AT89S51.....	14
2.4 Konfigurasi pin mikrokontroler AT89S51.....	15
2.5 Bentuk umum program C.....	21
2.6 Motor DC.....	22
2.7 Skema prinsip kerja motor DC.....	23
2.8 Transistor PNP.....	24
2.9 <i>Relay</i>	25
3.1 Diagram blok sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51.....	27
3.2 Sensor modul PIR KC7783R.....	29
3.3 Skematik rangkaian mikrokontroler AT89S51.....	30
3.4 Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 untuk <i>layuot</i>	31
3.5 Skematik rangkaian catu daya 5 volt dan 12volt.....	32
3.6 Rangkaian catu daya dengan komponen.....	33
3.7 Skematik rangkaian <i>driver</i>	34
3.8 Rangkaian <i>driver layout pcb</i>	35
3.9 Diagram alir program pintu otomatis	36
3.10 Posisi sensor dalam rancangan sistem pintu otomatis.....	39

4.1	Rangkaian prototipe sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sensor PIR KC7783R	41
4.2	Blok rangkaian mikrokontroler AT89S51	45

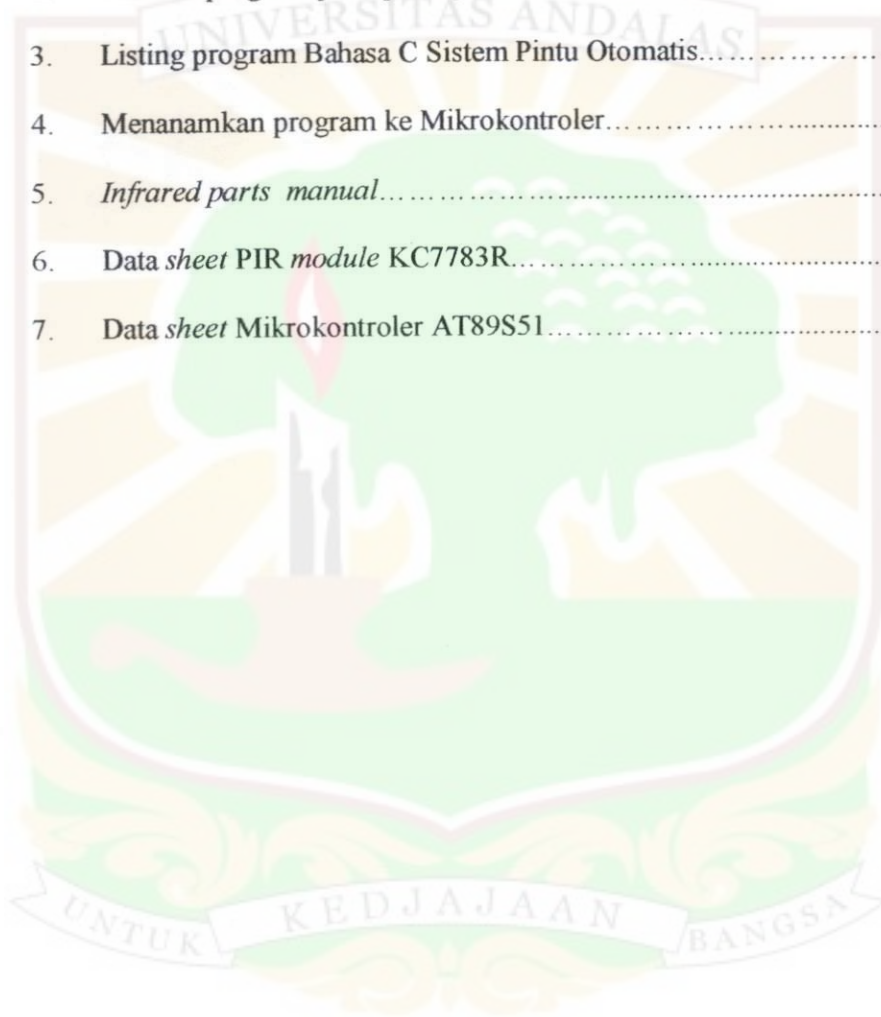


DAFTAR LAMPIRAN

Nomor

Halaman

1.	Pembuatan skematik (<i>schematic</i>) sampai <i>stage schematic layout</i> pcb dengan perangkat lunak Eagle.....	51
2.	Menulis program pada perangkat lunak MIDE-51.....	57
3.	Listing program Bahasa C Sistem Pintu Otomatis.....	59
4.	Menanamkan program ke Mikrokontroler.....	61
5.	<i>Infrared parts manual</i>	63
6.	<i>Data sheet</i> PIR <i>module</i> KC7783R.....	70
7.	<i>Data sheet</i> Mikrokontroler AT89S51.....	71



ABSTRAK

Sistem pintu otomatis, dapat mempermudah dan meringankan suatu pekerjaan dalam membuka dan menutup pintu (kita tidak perlu lagi membuka dan menutup pintu secara manual). Merancang bangun sebuah prototipe sistem pintu otomatis terdiri dari rancangan perangkat keras yaitu : modul sensor, mikrokontroler AT89S51, driver, catu daya, serta rancangan perangkat lunak pemrograman bahasa C. Prototipe sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler ini memakai sensor PIR KC7783R, yang memanfaatkan temperatur tubuh manusia sebagai besaran dalam proses pengendalian pintu. Sensor dapat mendeteksi obyek pada keadaan tanpa cahaya, artinya sensor PIR tidak dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang memasuki sensor. Sistem pintu otomatis akan bekerja bila ada obyek yang memancarkan radiasi inframerah mengenai sensor kemudian diperoleh tegangan sensor PIR sebesar 5 volt, tegangan keluaran dari sensor dihubungkan ke Mikrokontroler AT89S51 melalui port masukan, dan dengan pemrograman bahasa C, mikrokontroler akan mengaktifkan rangkaian driver untuk membuat motor yang telah terhubung dengan model pintu akan putar kanan, berhenti, dan putar kiri, sehingga pintu akan terbuka dan tertutup.

Kata kunci : sensor, mikrokontroler, radiasi inframerah.



dan terdeteksi oleh *recaiver*, sensor memberikan logika *high* ke mikrokontroler atau mikrokontroler mendapat tegangan 5 V dari sensor dan pintu akan terbuka.

1.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Dapat digunakan sebagai prototipe untuk pembuatan pintu otomatis .
2. Dapat digunakan sebagai sarana untuk mempelajari prinsip antar muka rangkaian sensor PIR dengan mikrokontroler AT89S51 serta pemanfaatan mikrokontroler sebagai alat pengontrol motor.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk: membuat prototipe sistem pintu otomatis berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sensor *Passive Infrared* (PIR) KC7783R.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan dalam tesis ini dibatasi hanya pada pembuatan prototipe sistem pintu otomatis dengan perangkat keras terdiri dari rangkaian catu daya, sensor PIR KC7783R, mikrokontroler AT89S51 yang berfungsi sebagai pengontrol dan rangkaian *driver* sebagai pengendali motor DC, serta perangkat lunak yang menggunakan pemrograman bahasa C.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Teori-teori atau konsep-konsep yang dipakai dalam penelitian rancang bangun sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sensor PIR KC7789R dijelaskan pada bab ini.

2.1 Sinar Inframerah

Spektrum elektromagnetik merupakan tipe radiasi. Radiasi adalah energi yang merambat dalam bentuk gelombang elektromagnetik atau foton dari sebuah sumber ke medium. Sumber radiasi biasanya menghasilkan radiasi yang menjangkau sebuah jarak frekuensi.

Hubungan antara frekuensi \mathcal{f} , panjang gelombang λ , dan cepat rambat gelombang elektromagnetik c adalah:

$$\mathcal{f} = \frac{c}{\lambda} \quad (2.1)$$

dengan \mathcal{f} adalah frekuensi gelombang dalam satuan hertz (Hz), λ adalah panjang gelombang dalam satuan meter (m), c adalah cepat rambat cahaya dengan nilai tetapan $2,99 \times 10^8$ m/s .

Urutan spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang terbesar sampai panjang gelombang terkecil, seperti Gelombang Radio, Gelombang Televisi, Gelombang Mikro (*microwave*), Sinar Inframerah, Cahaya Tampak (*visible light*), Sinar Ultraviolet, Sinar X, dan Sinar Gamma.

Sinar inframerah yang ada dalam daerah spektrum elektromagnetik mempunyai panjang gelombang yang lebih panjang daripada cahaya tampak (*visible light*) dan lebih pendek dari gelombang mikro (*microwave*) yaitu dengan

panjang gelombang $5\mu\text{m} - 14\mu\text{m}$. Radiasi inframerah tidak bisa dilihat akan tetapi bisa dideteksi secara fotografis dan elektronis.

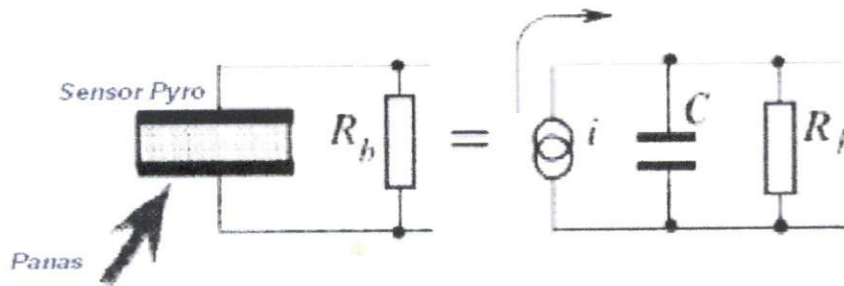
2.2 Sensor Pasif Inframerah (PIR)

Menurut Fraden (1992) sensor adalah peralatan yang dapat mengubah besaran fisis seperti cahaya, temperatur, tekanan, regangan, dan lain sebagainya kebesaran listrik dalam bentuk tegangan, arus atau jumlah muatan. Sensor merupakan piranti yang menerima rangsangan (berupa besaran fisis) dan mengubah rangsangan tersebut menjadi sinyal listrik.

Secara umum sensor ada dua macam yaitu sensor pasif dan sensor aktif. Sensor pasif dapat langsung membangkitkan sinyal listrik dalam merespon rangsangan dari luar. Jadi energi yang berasal dari rangsangan luar diubah oleh sensor ke energi keluaran yang diinginkan tanpa membutuhkan tambahan sumber daya. Contoh sensor pasif adalah termokopel, detektor *pyroelectric* dan sensor *piezoelectric*.

Sensor aktif mensyaratkan adanya sumber daya eksternal untuk dapat beroperasi yang disebut sinyal eksitasi. Contoh sensor aktif adalah termistor yang sensitif terhadap perubahan temperatur, setiap ada perubahan temperatur maka resistansi (hambatan) termistor juga berubah.

Sensor PIR termasuk salah satu jenis detektor *pyroelectric*, berarti suatu komponen elektronika yang dapat mendeteksi inframerah suatu objek yang mengeluarkan panas kemudian merubahnya ke bentuk energi listrik. *Pyroelectric* terbuat dari bahan kristalin yang dapat menghasilkan perubahan elektrik permukaan ketika dikeluarkan panas dalam bentuk radiasi inframerah.



Gambar 2.1. Persamaan rangkaian PIR
Sumber : Fraden, 1996.

Sinyal keluaran dari *pyroelectric* didapat dalam bentuk pengisian arus atau tegangan, tergantung dalam aplikasi kegunaannya, seperti sebuah kapasitor, merupakan elemen *pyroelectric*. Gambar 2.1 arus listrik akan melalui resistor dan tegangan akan timbul pada resistor R_b . Maka didapatkan karakteristik dari kedua koefisien *pyroelectric*:

Koefisien pengisian (*charge*) *pyroelectric* (P_Q) :

$$P_Q = \frac{dP_s}{dT} \quad (2.2)$$

Koefisien tegangan *pyroelectric* (P_V) :

$$P_V = \frac{dE}{dT} \quad (2.3)$$

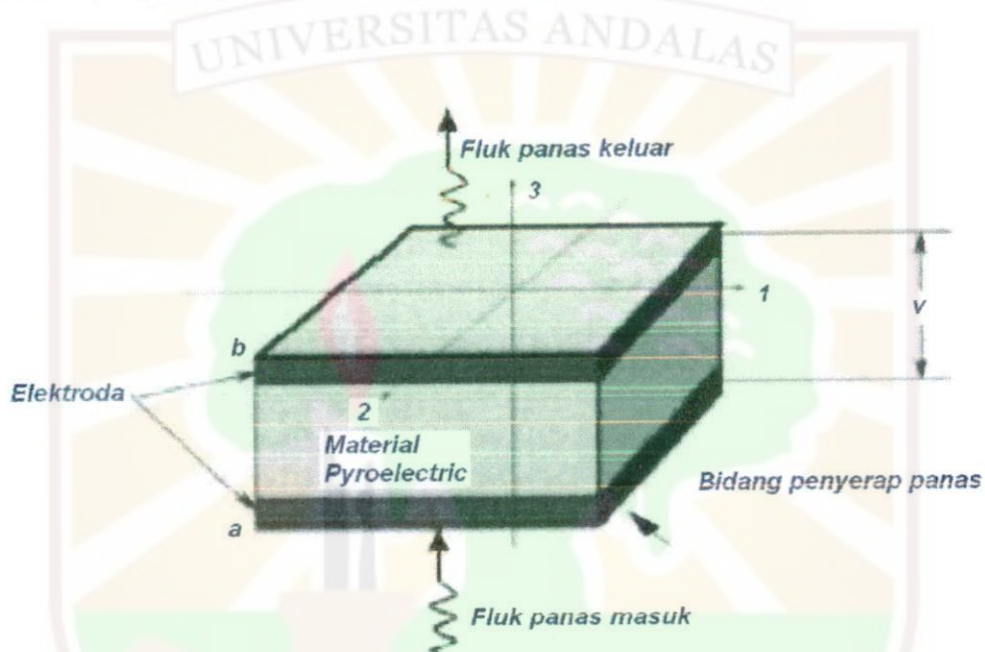
dimana P_s adalah polaritas secara spontan saat pengisian dengan satuan (C/m^2), E adalah medan listrik satuan (N/C), T adalah temperatur dalam Kelvin.

Kedua koefisien di atas mempunyai hubungan sebanding dengan permitivitas elektrik ϵ_r dan konstanta dielektrik ϵ_0 :

$$\frac{P_Q}{P_V} = \frac{dP_s}{dE} = \epsilon_r \epsilon_0 \quad (2.4)$$

dimana P_Q adalah koefisien pengisian (*charge*) *pyroelectric* satuan (C/m^2K), P_V adalah koefisien tegangan *pyroelectric* satuan (N/CK), ϵ_0 adalah konstanta dielektrik satuan (C^2/Nm^2), ϵ_r adalah permitivitas elektrik.

Polarisasi tergantung dari temperatur dan hasil dari kedua koefisien *pyroelectric* mengukur temperatur suatu objek yang dapat memancarkan panas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Bagian elektroda sensor *pyroelectric*
Sumber ; Fraden, 1996 .

Ketika terjadi aliran panas di dalam kristal *pyroelectric* juga terdapat aliran panas yang keluar dari sisi yang berlawanan dari material kristal seperti terlihat pada Gambar 2.2. Energi panas mulai masuk material *pyroelectric* dari sisi a. Ketika energi panas mulai masuk pada sisi a, permukaan sisi b masih dingin. Kemudian panas merambat ke sisi b sehingga sisi b menjadi panas. Karena ada perbedaan temperatur antara sisi b dan lingkungan, maka sebagian energi panas

meninggalkan sensor, hingga panas sisi b sama dengan lingkungan. Temperatur sisi a dan sisi b berbeda. Temperatur sisi a lebih panas dibandingkan sisi b karena panas dari objek masuk melalui sisi a, sedangkan sisi b panasnya hampir sama dengan lingkungan sekitar. Sensor mendeteksi objek karena adanya perubahan suhu yang disebabkan pergerakan objek di depan sensor.

Meskipun kondisi di bawah *steady-state*, *charge* bebas membawa muatan (elektron dan hole) menetralkan isi polarisasi dan kapasitas di antara elektroda. Memang sensor membangkitkan pengisian nol. Diasumsikan bahwa panas digunakan untuk bagian bawah sensor. Panas dapat menimbulkan sensor dalam radiasi *thermal* dan diserap oleh bagian bawah elektroda yang diberikan lapisan penyerap panas. Setelah penyerapan panas, sisi bawah akan menjadi lebih hangat yang menyebabkan sisi bawah material memuai dan meluas. Perluasan ini mengatur kelenturan sensor yang masuk dan memproduksi tegangan dan perubahan arah dua kutub.

Jika bahan *pyroelectric* didekatkan pada sumber panas, temperatur naik sebesar ΔT , dan hubungan koefisien pengisian dan koefisien tegangan dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini :

$$\Delta Q = P_Q A \Delta T \quad (2.5)$$

$$\Delta V = P_V h \Delta T \quad (2.6)$$

Berdasarkan persamaan yang sudah ada maka didapat nilai kapasitas kapasitor sebagai berikut :

$$C_\epsilon = \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{h} \quad (2.7)$$

Kemudian dari persamaan-persamaan (2.5), (2.6), dan (2.7) didapat persamaan baru sebagai berikut :

$$\Delta V = P_Q \frac{A}{C_e} \Delta T = P_Q \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{h} \Delta T \quad (2.8)$$

dimana ΔQ adalah beda muatan dalam coulomb (C), ΔV adalah beda tegangan dalam volt (V), A adalah luas keping elektroda dalam (m^2), h adalah jarak antar keping elektroda / ketebalan material dalam (m), C_e adalah kapasitas kapasitor dalam farad (F).

Persamaan tersebut memperlihatkan puncak tegangan dari hasil yang dikeluarkan sensor sebanding dengan naiknya temperatur sensor dan perubahan koefisien *pyroelektrik*.

Temperatur sensor (τ_T) adalah fungsi waktu. Fungsi waktu tergantung pada elemen sensor kepadatan, panas dan ketebalan. Jika masukan fluk *thermal* membentuk urutan fungsi waktu, untuk arah sensor bebas mengarah ke objek, arus keluaran dapat didekati nilai fungsi eksponensial sehingga persamaan arus sebagai berikut :

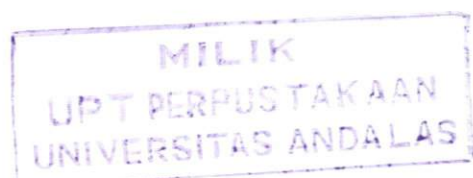
$$i = i_0 e^{-t/\tau_T} \quad (2.9)$$

dimana i_0 adalah arus puncak.

Konstanta waktu yang merupakan hasil dari kapasitas kalor sensor (C) dan hambatan panas (r), yang mana didefinisikan rugi-rugi panas yang barasal dari elemen sensor sekitar sebagai berikut :

$$\tau_T = Cr = cAhr \quad (2.10)$$

dimana c = kalor jenis dari elemen sensor (J/kg.K)



2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer hadir memenuhi kebutuhan pasar dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil serta dapat diproduksi secara massal, membuat harganya menjadi lebih murah dibandingkan mikroprosesor.

Mikrokontroler adalah suatu *chip* mikroprosesor yang dikhususkan untuk instrumentasi dan kendali dan bersifat *reprogrammable* (dapat diprogram ulang untuk mendapatkan fungsi yang berbeda). Memiliki *Central Processing Unit* (CPU) sendiri, bus, unit memori sendiri (meskipun sangat terbatas), unit I/O (*Input/Output*) yang bisa dikoneksikan langsung dengan sensor. Program disimpan dalam memori yang tidak hilang bila catu daya padam.

2.3.1 Central Processing Unit (CPU)

CPU terdiri atas dua bagian, yaitu unit pengendali (*control unit*) serta unit aritmatika dan logika (ALU). Fungsi utama unit pengendali adalah mengambil, mengodekan, dan melaksanakan urutan instruksi sebuah program yang tersimpan dalam memori. Unit pengendali menghasilkan dan mengatur sinyal pengendali yang diperlukan untuk menyerempakkan operasi, aliran dan instruksi program. Unit aritmatika dan logika berfungsi untuk melakukan proses perhitungan yang diperlukan selama program dijalankan serta mempertimbangkan suatu kondisi dan mengambil keputusan yang diperlukan untuk instruksi-instruksi berikutnya.

2.3.2 Bus

Ada tiga macam *bus* di dalam sebuah mikrokontroler, yaitu *bus* alamat, *bus* data dan *bus* kontrol. Bus alamat berfungsi sebagai lintasan saluran pengalamatan antara alat dengan sebuah mikrokontroler. Pengalamatan ini harus ditentukan terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya kesalahan pengiriman sebuah instruksi dan terjadinya bentrok antara dua buah alat yang bekerja secara bersamaan. Melalui bus alamat inilah CPU mengirimkan alamat lokasi memori yang hendak ditulis atau dibaca.

Bus data merupakan lintasan saluran keluar masuknya data dalam suatu mikrokontroler. Pada umumnya saluran data yang masuk sama dengan saluran data yang keluar. Bus data bersifat dua arah, itu berarti bahwa CPU dapat membaca data yang masuk pada saluran-saluran ini (baik yang berasal dari memori maupun dari *port*) dan CPU juga dapat mengirim data pada saluran-saluran ini (baik data yang ditujukan ke memori maupun ke *port*).

Fungsi bus kontrol adalah untuk menyalurkan sinyal kontrol dari CPU untuk membuka pintu keluaran piranti memori atau piranti *port* yang dialamati oleh CPU tersebut. Dan berfungsi juga untuk menyerempakkan operasi mikrokontroler dengan operasi rangkaian luar.

2.3.3 Memori

Pada sebuah mikrokontroler terdapat pula sebuah memori yang berfungsi untuk menyimpan data atau program. Ada beberapa jenis memori, diantaranya RAM dan ROM.

RAM merupakan memori yang dapat dibaca dan ditulis. RAM biasanya digunakan untuk menyimpan data atau sering disebut dengan memori data saat program bekerja. Data yang ada pada RAM akan hilang bila catu daya dari RAM dimatikan sehingga RAM hanya dapat digunakan untuk menyimpan data sementara.

ROM merupakan memori yang hanya dapat dibaca. Data yang disimpan di dalam ROM tidak akan hilang meskipun catu daya dimatikan. Dari sifatnya itu maka ROM sering dipakai untuk menyimpan program. Ada beberapa jenis ROM di antaranya ROM, PROM, EPROM, dan EEPROM. ROM merupakan memori yang sudah diprogram oleh pabrik. PROM dapat diprogram oleh pemakai tetapi hanya dapat ditulis sekali saja. UV-EPROM merupakan PROM yang dapat diprogram atau ditulis beberapa kali dan dapat dihapus dengan sinar ultraviolet. Flash PEROM adalah PROM yang dapat ditulis ulang beberapa kali dan dapat dihapus secara elektrik atau dengan tegangan listrik. UV-EPROM harganya lebih mahal dari Flash PEROM. Karena itu Flash PEROM lebih populer dan diminati programmer mikrokontroler.

2.3.4 Port Masukan dan Port Keluaran (Port I/O)

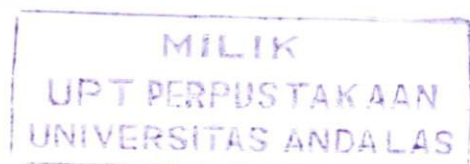
Port masukan dan port keluaran merupakan bagian mikrokontroler yang memungkinkan mikrokontroler itu berkomunikasi dengan dunia luarnya. Melalui port I/O, mikrokontroler dapat memasukkan data dari luar atau mengirim data ke luar dirinya. Untuk mengakses data ke I/O terdapat dua cara, yaitu paralel dan cara serial. Pengaksesan cara serial memerlukan prosedur program yang relatif lebih rumit dengan kecepatan yang relatif lebih rendah. Akan tetapi untuk dunia

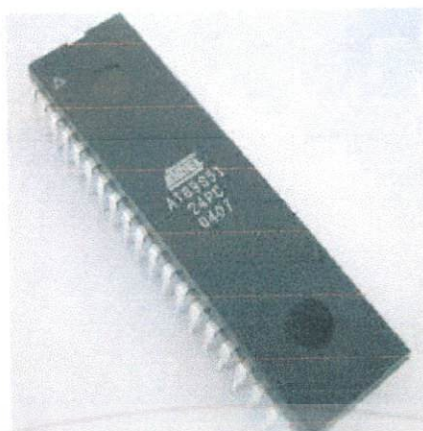
mikrokontroler yang digunakan untuk kendali, persoalan kecepatan ini tidak menjadi masalah.

Sedangkan dalam hal aplikasi, sistem mikrokontroler memiliki karakteristik sebagai berikut: memiliki program khusus yang disimpan dalam memori untuk aplikasi tertentu, program mikrokontroler lebih kecil daripada program PC, konsumsi daya kecil, rangkaian sederhana, murah karena komponen sedikit, unit I/O yang sederhana, lebih tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrim misalnya temperatur, tekanan dan kelembaban.

2.4 Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 merupakan salah satu keluarga dari MCS-51 keluaran Atmel. Jenis mikrokontroler ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun data 8 bit secara bersamaan. Sebuah mikrokontroler dapat bekerja bila di dalam mikrokontroler tersebut terdapat sebuah program yang berisi instruksi-instruksi yang akan digunakan untuk menjalankan sistem mikrokontroler tersebut. Instruksi-instruksi sebuah program dari setiap jenis mikrokontroler mempunyai beberapa perbedaan. Pada prinsipnya program pada mikrokontroler memiliki beberapa set instruksi dan tiap instruksi itu dijalankan secara bertahap atau berurutan. Bentuk fisik Mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat pada Gambar 2.3.

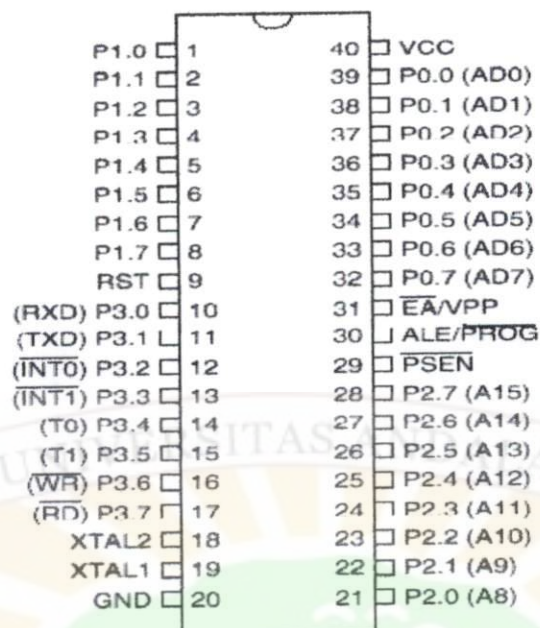




Gambar 2.3 Mikrokontroler AT89S51
Sumber ; WWW. Wikipedia. Org. 2006.

Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut : sebuah *Central Processing Unit* 8 bit, Osilator Internal dan Rangkaian Pewaktu, RAM Internal 128 byte, Flash Memori 4 Kbyte, 5 jalur interupsi (2 jalur interupsi eksternal dan 3 jalur interupsi internal), 4 *programmable port* I/O yang masing-masing terdiri dari 8 jalur I/O, sebuah *port* serial dengan kontrol serial *full duplex UART*, kemampuan untuk melaksanakan operasi aritmatika dan operasi logika, kecepatan dalam melaksanakan instruksi per siklus 1 mikro detik pada frekuensi 12 MHz, memori dapat diisi ulang ataupun dihapus berkali-kali, dapat beroperasi pada tegangan 4 volt sampai 5,5 volt.

Mikrokontroler AT89S51 terdiri dari 40 pin/kaki, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Konfigurasi pin mikrokontroler AT89S51
Sumber ; WWW. Wikipedia. Org. 2006

Fungsi masing-masing dari pin/kaki Mikrokontroler AT89S51 adalah: Pin ke-1 sampai ke-8 (*port 1*) adalah *port* paralel 8 bit 2 arah (*bidireksional*) dengan *internal pull-up* yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti 4 masukan TTL dan sebagai saluran alamat saat pemrograman dan verifikasi. Pin ke-9 (*reset*) adalah masukan *reset* (aktif tinggi), pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan *mereset* AT89S51, pin ini dihubungkan dengan rangkaian *power on reset* yang terdiri dari sebuah resistor dan kapasitor. Pin ke-10 sampai ke-17 (*port 3*) adalah *port* paralel 8 bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi TxD (*Transmit Data*), RxD (*Receive data*), Int0 (*Interrupt 0*), Int1 (*Interrupt 1*), T0 (*timer 0*), T1 (*timer1*), WR (*write*), dan RD (*read*). Bila fungsi pengganti tidak dipakai pin-pin ini dapat berguna sebagai port paralel 8 bit serbaguna. Pin ke-18 (*X-tal 2*) adalah pin keluaran rangkaian *inverting oscillator amplifier (output oscillator)*.

Serta pin ke-19 (*X-tal 1*) adalah pin masukan ke rangkaian *inverting oscillator amplifier (input oscillator)*. Pin ke-20 (*ground*), dihubungkan ke *ground*. Pin ke-21 sampai ke-28 (*port 2*) adalah *port* paralel 2 selebar 8 bit dua arah (*bidirectional*) yang berfungsi sebagai saluran/bus alamat tinggi. *Port 2* ini mengirimkan *byte* alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal. Pin ke 29 adalah pin *PSEN (Program Store Enable)* yang merupakan sinyal pengontrol yang membolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian atau pengambilan instruksi (*fetching*). Pin ini berfungsi saat pengeksekusi program yang terletak pada memori eksternal. Pin ke-30 adalah pin *ALE (Address Latch Enable)* yang digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi. *ALE* hanya aktif pada saat mengakses memori eksternal (*Movx, Movc*). Pin ke-31 adalah pin *EA (External Access Enable)* yang berfungsi untuk mengeksekusi program dari memori internal jika dihubungkan ke *Vcc* dan memori eksternal jika dihubungkan ke *ground*. Bila diberi logika rendah (*low*), mikrokontroler akan melaksanakan seluruh instruksi dari memori program luar. Pin ke-32 sampai ke-39 (*port 0*) adalah port I/O 8 bit (*Open Drain*) dua arah. Bila digunakan untuk mengakses program luar, port ini akan memultipleks alamat memori dengan data. Pin ke 40 (*Vcc*), dihubungkan ke tegangan *power supply* DC +5 volt.

2.5 Perangkat Lunak Mikrokontroler AT89S51

Perangkat lunak adalah rangkaian instruksi atau perintah yang berfungsi untuk menjalankan perangkat keras dan mengolah data atau mewujudkan keinginan pemakai mikrokontroler mendapatkan informasi dalam proses

pengambilan keputusan. Tanpa perangkat lunak, mikrokontroler hanyalah barang rongsokan yang tidak dapat digunakan sama sekali. Perangkat lunak secara umum dapat dibedakan menjadi lima golongan, yaitu: sistem operasi, program bantu, program paket, program aplikasi, dan bahasa pemrograman.

Bahasa pemrograman adalah bahasa yang digunakan untuk menulis suatu program yang dipakai oleh mikrokontroler. Bahasa pemrograman merupakan suatu kode yang digunakan untuk memerintahkan mikrokontroler atau komputer melakukan sesuatu.

Berdasarkan kedekatannya dengan bahasa manusia, bahasa pemrograman dibedakan atas tiga tingkatan, yaitu: bahasa pemrograman tingkat rendah, bahasa pemrograman tingkat menengah, bahasa pemrograman tingkat tinggi.

Bahasa pemrograman tingkat rendah mempunyai kecepatan yang lebih tinggi dari bahasa pemrograman tingkat lainnya. Namun bahasa pemrograman tingkat rendah termasuk bahasa yang sulit digunakan sebab kode-kode yang digunakan dalam bentuk biner atau lebih menjurus ke bahasa mesin.

Bahasa pemrograman tingkat menengah memiliki kode bahasa lebih mudah dipahami karena bahasa yang digunakan lebih dekat dengan bahasa yang biasa digunakan manusia. Walaupun demikian, bahasa ini masih sukar dipahami karena adanya kerumitan dalam penggunaannya. Contohnya bahasa *Assembly* dan bahasa *C*.

Bahasa pemrograman tingkat tinggi sudah mendekati bahasa manusia.

2.6 Bahasa C untuk MCS51

Bahasa C yang digunakan akan *dicompile* dengan SDCC, yaitu *compiler* bahasa C untuk berbagai mikrokontroler termasuk MCS51. Pemrograman dengan bahasa C lebih mudah dibandingkan menggunakan bahasa *assembly*, SDCC merupakan *C Compiler* gratis (*freeware*) sehingga kita tidak perlu mengeluarkan biaya untuk membeli *compiler* komersial yang harganya cukup mahal, dari segi code yang dihasilkan optimasi SDCC sangat bagus.

Untuk lebih mengenal bahasa C, akan dijelaskan dasar-dasar pemrograman C, dan bentuk umum program C pada subbab berikut ini.

2.6.1 Dasar-Dasar Pemrograman C

Pada bagian ini akan dibahas dasar-dasar pemrograman C yaitu: *Identifier* (pengenal) terdiri dari variabel, konstanta bernama, tipe data, fungsi dan label. Aturan sebuah pengenal adalah pengenal tidak boleh menggunakan kata simpan pada bahasa pemrograman seperti *if*, *case*, *not*, *or* dan lainnya. Pengenal merupakan satu atau beberapa karakter. Pengenal tidak boleh dimulai dengan angka tetapi harus huruf atau garis bawah. Dalam bahasa C pengenal bersifat *case sensitive*, artinya bahwa huruf kapital dan huruf kecil dianggap tidak sama.

SDCC mengenal beberapa tipe data antara lain: *char*, *int*, *short*, *long*, *float*, *void*, lebar data dan *range*. Masing masing tipe data dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tipe data pada SDCC
Sumber, Budioko, 2004.

Tipe Data	Lebar Data (byte)	Rentang
<i>Char</i>	1	-128 s/d 127
<i>int</i>	2	-32768 s/d 32767
<i>short</i>	2	-32768 s/d 32767
<i>long</i>	4	-2147438468 s/d 2,147,438,647
<i>float</i>	4	$3,4 \times 10^{-38}$ s/d $3,4 \times 10^{38}$
<i>void</i>	-	-

Untuk data yang bertanda (+ atau -) tipe data dapat ditambahkan awalan *signed* sedangkan untuk data tak bertanda sebaiknya digunakan *unsigned*.

Variabel adalah tempat untuk menyimpan data sementara selama proses berlangsung. Secara fisik variabel merupakan suatu alamat memori yang digunakan selama program dijalankan (*executed*). Sedangkan konstanta adalah nilai tetap yang tidak dapat diubah selama program berjalan. Penamaan variabel dan konstanta mengikuti aturan penamaan pengenalan (*identifier*). Pendeklarasian variabel dan konstanta : format deklarasi variabel adalah `tipe_data daftar_nama_variabel`; contoh: `char data_suhu`; Format deklarasi konstanta adalah: `Const tipe_data nama_konstanta = nilai_konstanta`, contoh: `const float phi = 3.14`;

Operasi aritmatika yang didukung bahasa C umumnya sama dengan bahasa lainnya. Operator yang digunakan dalam bahasa C terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 . Operator aritmatika dalam bahasa C.
Sumber, Budioko, 2004.

No	Operator	Keterangan
1	+	Penjumlahan
2	-	Pengurangan
3	/	Pembagian
4	%	Sisa pembagian
5	*	Perkalian

Operasi penugasan dalam bahasa C menggunakan tanda sama dengan (=), fungsinya sama seperti tanda := dalam pascal

Operasi relasional merupakan operasi perbandingan dua nilai atau kondisi, operator-operator relasional yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 . Operasi perbandingan dua nilai atau kondisi
Sumber , Budioko, 2004.

Operator	Contoh	Keterangan
==	A == B	Bernilai <i>benar</i> jika A dan B memiliki nilai yang sama. Dan <i>salah</i> jika nilai A dan B bernilai beda
!=	A != B	Bernilai <i>benar</i> jika A dan B memiliki nilai yang tidak sama. Dan <i>salah</i> jika nilai A dan B bernilai sama
>	A > B	Bernilai <i>benar</i> jika A besar dari B. Dan <i>salah</i> jika nilai A kecil dari atau sama dengan B
<	A < B	Bernilai <i>benar</i> jika A kecil dari B. Dan <i>salah</i> jika nilai A besar dari atau sama dengan B
>=	A >= B	Bernilai <i>benar</i> jika A besar dari atau sama dengan B. Dan <i>salah</i> jika nilai A kecil dari B
<=	A <= B	Bernilai <i>benar</i> jika A kecil dari atau sama dengan B. Dan <i>salah</i> jika nilai A besar dari B

Operasi manipulasi bit banyak digunakan dalam aplikasi mikrokontroler, misalnya untuk menguji kondisi bit pada *Port 1* atau pergeseran bit. Ada enam buah operator manipulasi bit, sebagaimana terdapat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4. Operasi manipulasi bit
Sumber ; Budioko, 2004.

operator	Keterangan
<<	Geser kiri
>>	Geser kanan
&	Operasi AND
	Operasi OR
^	Operasi XOR
~	Operasi NOT

Operasi geser kiri akan menggeser bit-bit ke kiri sehingga bit 0 akan berpindah ke bit 1, bit 1 ke bit 2 dan seterusnya, nilai yang akan digeser \ll jumlah bit pergeseran. Sedangkan operasi geser kanan akan menggeser bit-bit ke kanan sehingga bit 8 akan berpindah ke bit 7 dan bit 7 akan pindah ke bit 6 dan seterusnya, pada pergeseran akhir (ke-8) hasilnya tergantung logika bit 7 pada saat sebelum dilakukan pergeseran, kiri tanda \gg merupakan nilai yang digeser sedangkan disebelah kanannya merupakan jumlah bit pergeseran.

2.6.2 Bentuk Umum Program C

Bentuk dasar program C dapat dilihat pada Gambar 2.5

```
#include <header>

Void main(void)
{
    Deklarasi variabel;
    Deklarasi konstanta;
    Statemen;      }
```

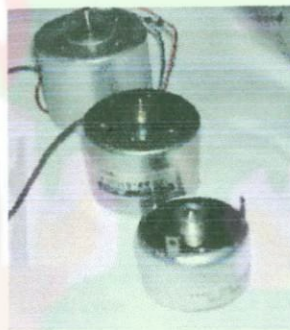
Gambar 2.5 Bentuk umum program C
Sumber; Budioko, 2004.

Pada Gambar 2.5: *#include <header>* merupakan pengarah *preprosesor* C (dikerjakan oleh *sdcc*) yang memerintahkan untuk menyisipkan *file* lain. Program C minimal memiliki satu fungsi yaitu fungsi *main()*. *Void* di depan *main* menandakan bahwa fungsi *main* tidak memiliki nilai balik. *Void* di dalam tanda kurung setelah *main* menandakan bahwa fungsi *main()* tidak mempunyai argumen atau parameter. Tanda *{* dan diakhiri tanda *}* merupakan tubuh fungsi, sedangkan di antara tanda *{* dan tanda *}* merupakan pernyataan.

2.7. Motor DC

Motor DC merupakan motor listrik arus searah yaitu sebuah mesin yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor yang mengoperasikan rancangan-rancangan kecil bekerja pada tegangan rendah yaitu 6 sampai 9 volt.

Motor arus searah memiliki magnet permanen yang memberikan medan magnet yang tetap. *Armatur* terdiri dari beberapa kumparan yang dililitkan pada inti besi dan dirangkaikan pada sebuah *komutator*, yang terdiri dari sepasang lempengan logam berbentuk setengah cincin. Cincin inilah yang terhubung dengan sumber tegangan. Bentuk fisik Motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Motor DC
Sumber ; WWW. Wikipedia. Org, 2006.

Pada Gambar 2.7 tampak bahwa ketika kumparan dialiri arus listrik, muncul medan magnet disekitar *armatur*. Mari kita andaikan *armatur* yang menjadi kutub utara berwarna biru, dan yang selatan berwarna merah, seperti warna dari magnet pada sistem. *Armatur* biru akan ditolak oleh magnet bagian kiri karena kutubnya sama. Begitu pula dengan *armatur* merah, juga akan mengalami gaya tolak ke kanan. Akibatnya, sistem *armatur* berputar searah jarum jam.

Saat *armatur* biru mendekati magnet kutub selatan, *armatur* biru mengalami gaya tarik ke arah sumbu horizontal dari kedua magnet. Saat posisi *armatur* horizontal, arus terputus sesaat karena penghubung tegangan positif dan negatif tepat berada pada celah cincin. Karena *armatur* masih berputar maka celah cincin akan terlewati dan cincin kembali mendapatkan tegangan listrik, namun dengan arah yang berlawanan. Karenanya dapat kita anggap bahwa *armatur* biru berubah warna menjadi merah, yang berarti proses berulang kembali. Demikian selanjutnya hingga motor itu terus berputar searah jarum jam selama masih diberi tegangan listrik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Skema prinsip kerja motor DC

- (a) Terjadinya tolak-menolak antara kutub yang sama
- (b) Munculnya gaya tarik-menarik antara *armatur* dengan kutub di seberangnya
- (c) *Armatur* menuju posisi horizontal

Sumber ; WWW. Wikipedia. Org, 2006.

Pergerakan *armatur* memenuhi aturan kaedah tangan kiri, yaitu: jari telunjuk searah dengan arah medan magnet, jari tengah menunjukkan arah arus, ibu jari menunjukkan arah gaya Lorentz.

Besarnya gaya Lorentz yang dihasilkan adalah:

$$F = BIL \quad (2.11)$$

dimana: F = Gaya Lorentz (N), B = Fluks magnet (Weber), I = Arus yang mengalir pada kumparan (A), L = Panjang kumparan (m).

2.8. Transistor sebagai Penguat Arus

Dari hukum *Kirchhoff* diketahui bahwa jumlah arus yang masuk kesatu titik akan sama jumlahnya dengan arus yang keluar. Jika teorema tersebut diaplikasikan pada transistor, maka hukum itu menjelaskan hubungan :

$$I_E = I_C + I_B \quad (2.12)$$

Persamaan (2.12) tersebut mengatakan arus emiter I_E adalah jumlah dari arus kolektor I_C dengan arus basis I_B . Karena arus I_B sangat kecil sekali atau disebutkan $I_B \ll I_C$, maka dapat dinyatakan :

$$I_E = I_C \quad (2.13)$$

Beta didefinisikan sebagai besar perbandingan arus kolektor dengan arus basis.

$$\beta = I_C / I_B \quad (2.14)$$

dimana: β = Penguatan arus, I_C = Arus pada kolektor (A), I_B = Arus pada basis (A), I_E = Arus pada emitor (A)

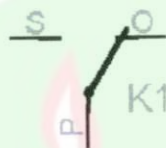
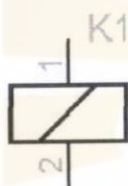
Dengan kata lain, β adalah parameter yang menunjukkan kemampuan penguatan arus (*current gain*) dari suatu transistor. Lambang Transistor PNP dapat dilihat pada Gambar 2.8.



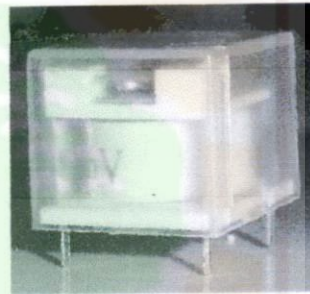
Gambar 2.8. Transistor PNP
Sumber ; WWW. Electroniclab. Com. 2006.

2.9. Relay

Relay merupakan sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Kontak-kontak relay akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir menuju kumparan. Kontak-kontak dapat ditarik apabila garis magnet dapat mengalahkan gaya pegas yang melawannya. Simbol dan bentuk fisik relay dapat dilihat pada Gambar 2.8



(a)



(b)

Gambar 2.9 (a) Simbol *relay* (b) Bentuk fisik *relay*

Kontak-kontak atau kutub-kutub dari *relay* umumnya memiliki tiga dasar pemakaian yaitu : bila kumparan dialiri arus listrik maka kontaknya akan menutup dan disebut sebagai kontak *Normally Open* (NO), bila kumparan dialiri arus listrik maka kontaknya akan membuka dan disebut dengan kontak *Normally Close* (NC). Tukar-sambung (*Change Over/CO*), *relay* jenis ini mempunyai kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini dan membuat kontak dengan yang lain bila *relay* dialiri listrik.

III . METODE PENELITIAN

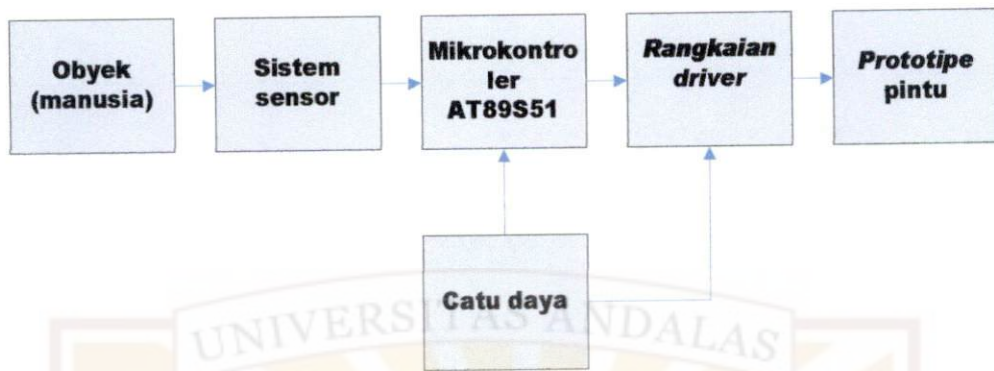
Untuk lebih mengetahui, bahan dan alat, komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian, serta metode-metode yang akan dipakai, dapat dilihat pada pembahasan berikut ini.

3.1 Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian ini adalah komponen elektronika dan bahan pendukung lainnya. Bahan pendukung yang digunakan meliputi PC, perangkat lunak (*software*) Eagle untuk merancang rangkaian, perangkat lunak Isp Pgm untuk mengisi program, perangkat lunak MIDE-51 untuk membuat program. Solder untuk menyolder komponen ke pcb, penyedot timah, tang penjepit dan pemotong, gunting, timah untuk melekatkan komponen ke pcb, kabel penghantar, bor untuk membor papan pcb, papan pcb tempat meletakkan komponen, larutan FeCl_3 untuk melarutkan tembaga yang melapisi pcb. sumber arus dari stop kontak 220 V, dan akrilik untuk pembuatan kotak rangkaian mikrokontroler. Multimeter digital digunakan untuk mengukur harga komponen hambatan, arus, kapasitansi kapasitor dan tegangan.

Komponen-komponen elektronika yang digunakan meliputi, modul sensor PIR KC7783R, resistor, kapasitor, transistor, mikrokontroler AT89S51, *relay*, tombol (*switch*), dioda, trafo, motor dc, *CD room* untuk *prototipe* pintu.

3.2 Diagram Blok Sistem Pintu Otomatis



Gambar 3.1 Diagram blok sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51

Pada blok awal dari rangkaian sistem pintu otomatis ini adalah sistem sensor yang berfungsi sebagai *recaiver* (penerima) sinyal inframerah yang dipancarkan oleh obyek dalam hal ini adalah tubuh manusia. Sinyal inframerah yang diterima oleh sistem sensor diubah dari besaran fisis suhu atau temperatur menjadi besaran listrik tegangan dan arus. Saat sensor menerima sinyal inframerah dari obyek, sensor menghasilkan tegangan keluaran 5 volt atau logika *high* pada mikrokontroler. Dalam rangkaian terpadu sistem sensor terdapat : sensor *passive infrared*, IC penguat dan pengontrol, lensa fresnel dan beberapa kapasitor serta resistor.

Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 berfungsi sebagai pusat pengatur dan pengontrol dari rangkain sistem pintu otomatis, otak dari rangkaian Mikrokontroler AT89S51 adalah IC Mikrokontroler AT89S51. IC ini akan berfungsi jika ditanamkan program dengan menggunakan *PC*, *IspPgm*, dan alat pengisi program. Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 terdiri dari IC

Mikrokontroler AT89S51, IC 7805, kapasitor polar dan non polar, relay magnetik, led, dan resistor.

Rangkaian *driver* berfungsi untuk menggerakkan dan mengendalikan motor dc, terdiri dari komponen transistor pnp, transistor npn dan resistor. *Driver* membutuhkan arus 12 volt yang dicatu dari catu daya.

Catu daya dengan keluaran 5 volt dan 12 volt, keluaran 5 volt untuk mengaktifkan rangkaian mikrokontroler dan keluaran 12 volt untuk mengaktifkan *driver*. Komponen catu daya : trafo, IC 7805 dan IC 7812, kapasitor, dioda dan resistor.

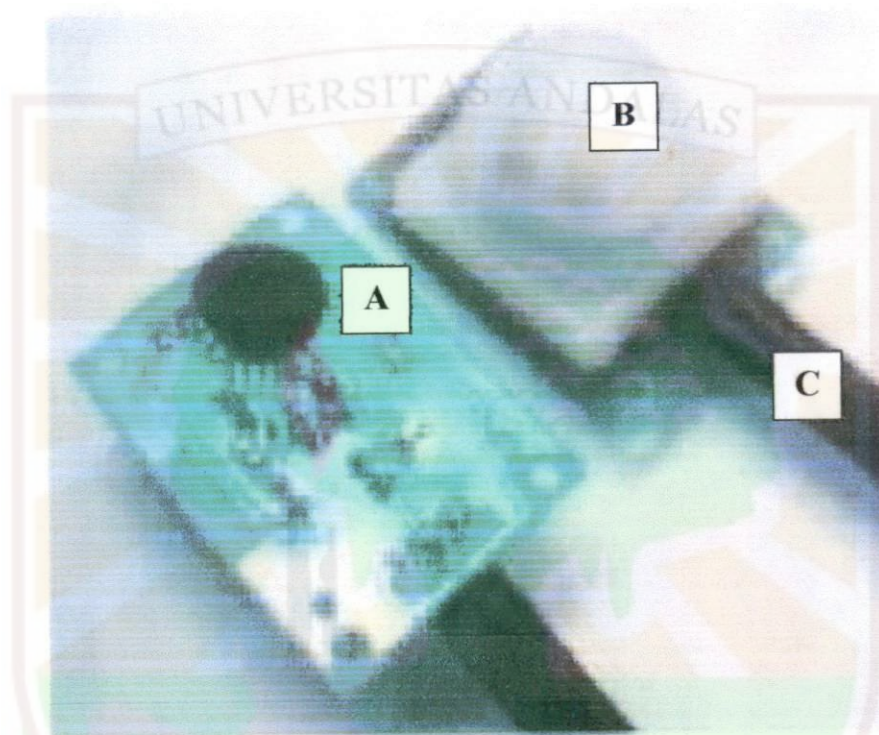
Prototipe pintu berfungsi sebagai indikator bahwa sistem pintu otomatis berhasil atau tidak. Pintu akan terbuka jika ke empat blok rangkaian diatas sudah betul dan menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai dengan yang dibutuhkan.

Pada penelitian ini ada tiga tahap yang harus dilakukan yaitu merancang bangun perangkat keras (*hardware*), merancang bangun perangkat lunak (*software*), menanamkan program ke mikrokontroler (dari *software* ke *hardware*)

3.3 Komponen Penelitian

3.3.1 Sistem Sensor

Bentuk fisik modul sensor PIR KC7783R tampak depan dan tampak belakang, dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Sensor modul PIR KC7783R

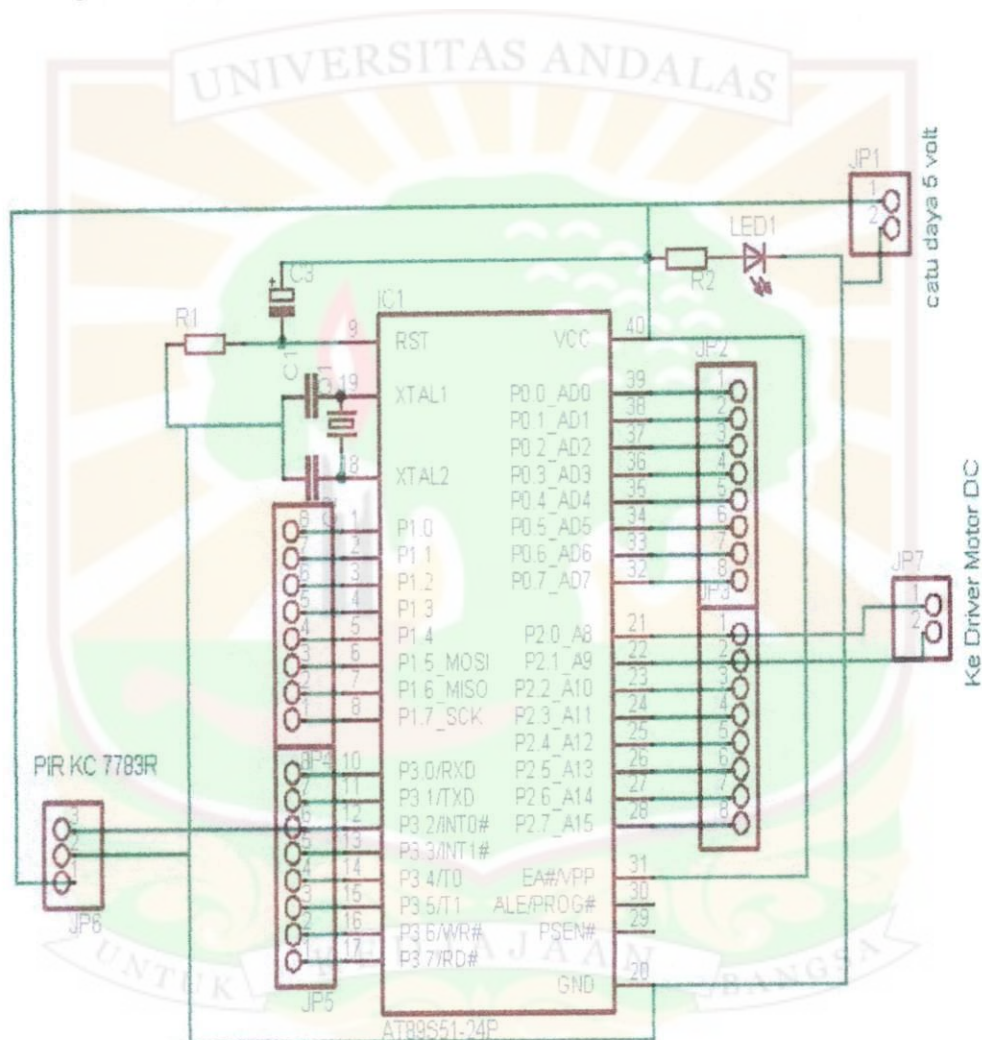
- A. Rangkaian penguat
- B. Kubah penutup sensor
- C. Kabel konektor

Bagian – bagian sensor modul PIR KC7783R : Sensor *Passive Infrared*

(sensor utama) terdapat di dalam kubah penutup sensor, Lensa *fresnel* (penutup sensor), rangkaian penguat terdapat di belakang sensor (bagian A), tiga kabel konektor (*output, Vcc, Ground*) .

3.3.2 Rancangan Perangkat Keras Mikrokontroler AT89S51

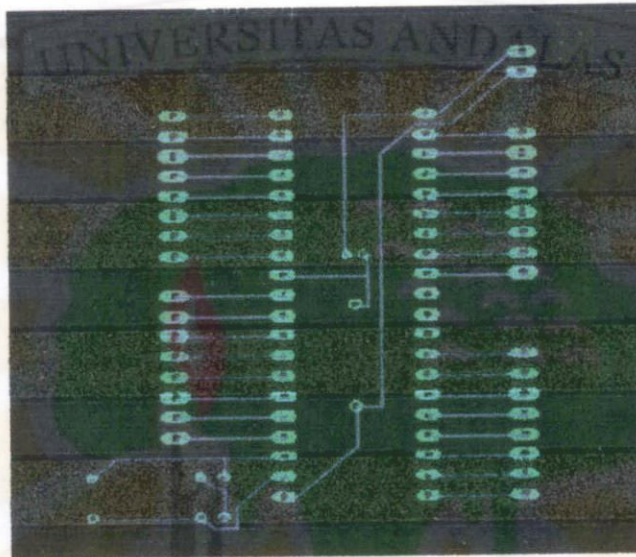
Rancangan perangkat keras mikrokontroler dimulai dari pembuatan Skematik (*Schematic*) dengan menggunakan Perangkat Lunak *Eagle*. Cara membuat *Schematic* rangkaian mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat pada lampiran 1 halaman 51. Hasil *Schematic* rangkaian mikrokontroler A89S51 dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skematik rangkaian mikrokontroler AT89S51

Keluaran dari modul sensor PIR terhubung ke pin mikrokontroler yaitu pin 40 (vcc), pin 12 (P3.2/INT0) sebagai port masukan dan pin 20 (GND), port keluaran dari mikrokontroler adalah pin 21 (P2.0) dan pin 22 (P2.1), kedua pin terhubung ke rangkaian driver.

Kemudian Skematik dikonversikan menjadi board seperti pada Gambar 3.4 .



Gambar 3.4 Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 untuk *layot pcb*

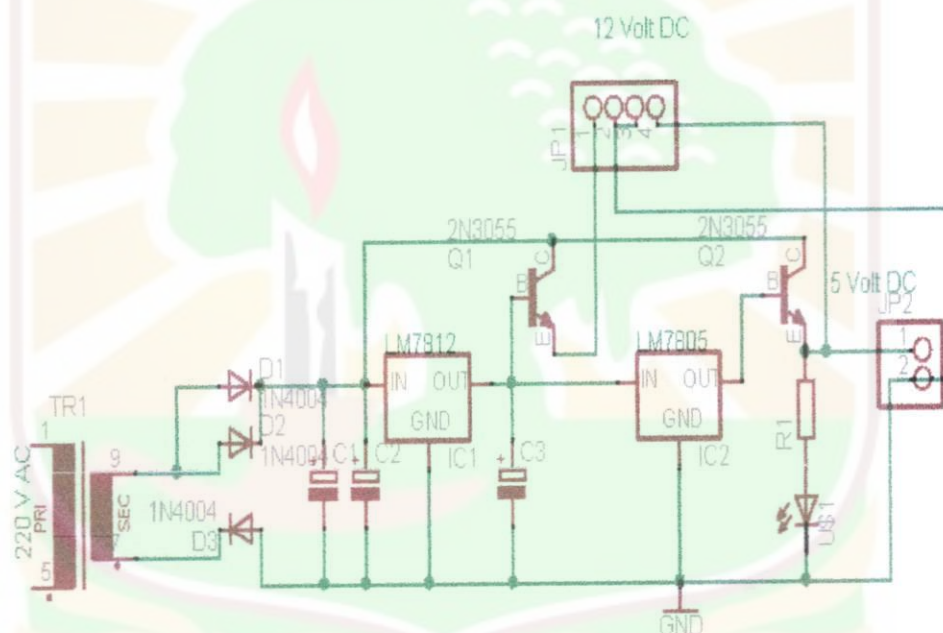
Gambar 3.4 diprint dan dicopy ke transparan, kemudian memindahkan dari transparan ke PCB dengan metode sterika, seterusnya melubangi PCB dengan menggunakan bor, dan membuang lapisan tembaga yang tidak diperlukan dengan FeCl_3 . Sebelum komponen dipasang rangkaian diuji dengan ohmmeter, memasang komponen ke PCB, menyolder komponen ke PCB dengan timah, dan menguji lagi rangkaian dengan ohmmeter. Setelah rangkaian selesai membuat kotak rangkaian Mikrokontroler dengan akrilik dan memasang rangkaian PCB ke kotak akrilik



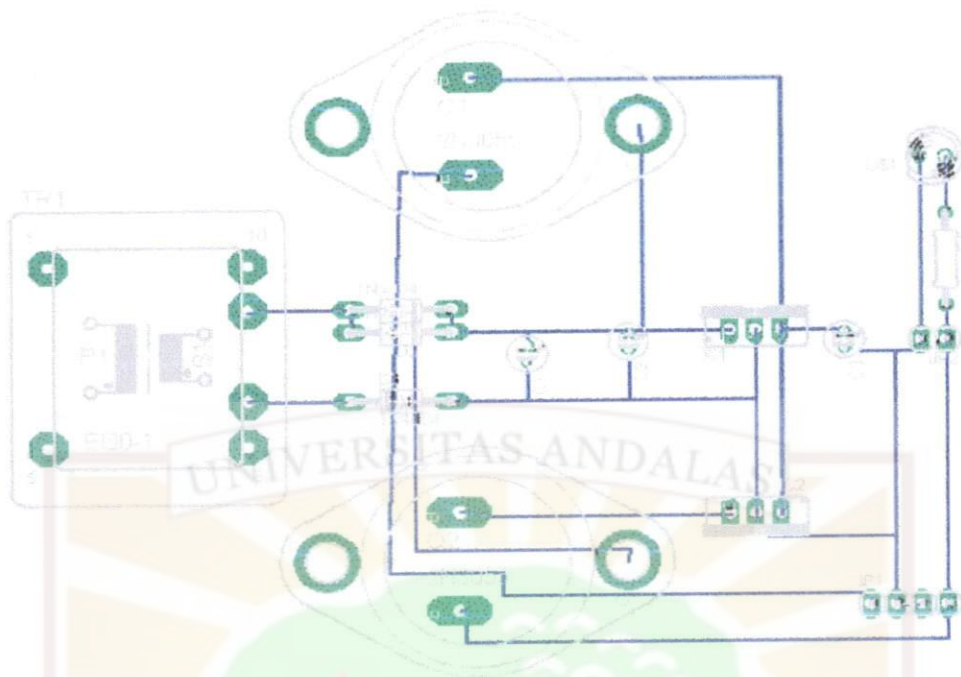
3.3.3 Catu Daya 5 Volt dan 12 V

Catu daya dengan tegangan keluaran 5 volt dan 12 volt. Keluaran 5 volt sebagai sumber arus DC untuk mengaktifkan rangkaian Mikrokontroler AT89S51 dan keluaran 12 volt sumber arus DC untuk mengaktifkan rangkaian *driver*..

Pembuatan rangkaian skematik catu daya sampai tampilan layout pcb caranya sama dengan membuat rangkaian mikrokontroler AT89S51. Hasil skematik catu daya dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 tampilan layout pcb dengan komponen.



Gambar 3.5 Skematik rangkaian catu daya 5 volt dan 12volt



Gambar 3.6 Rangkaian catu daya dengan komponen

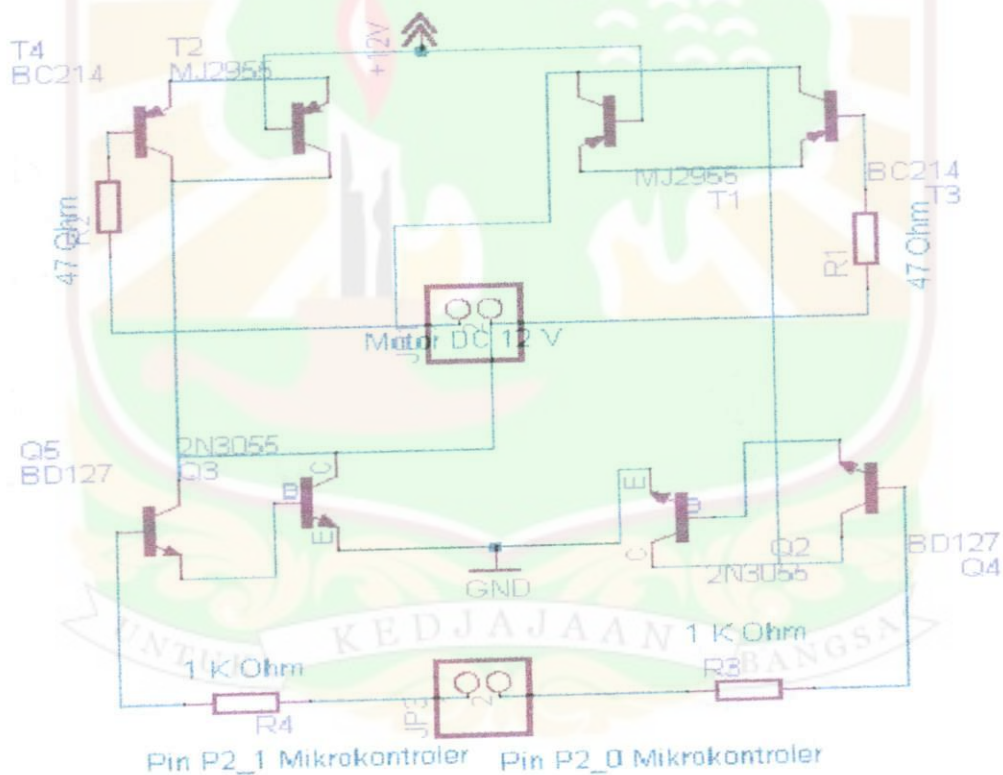
Berikut beberapa tahap dalam pembuatan rangkaian catu daya 5 V dan 12 V: komponen-komponen seperti : Transformator step down 220 V, 3 A sebanyak 1 buah, berfungsi untuk menurunkan tegangan AC, Dioda tipe 1N4004, 1A sebanyak 3 buah, berfungsi sebagai penyearah tegangan AC menjadi DC, Kapasitor 1000µF, 25 V sebanyak 1 buah, berfungsi sebagai filter, Kapasitor 470µF, 25 V sebanyak 2 buah, berfungsi sebagai filter, Resistor 1KΩ sebanyak 1 buah, berfungsi untuk memperkecil tegangan sebelum tegangan melewati LED.

Serta LED 5 mm sebanyak 1 buah, berfungsi sebagai indikator, Pinhead 2 pin sebanyak 1 buah, berfungsi sebagai *ground* dan keluaran +5 V DC, ICLM7805 sebanyak 1 buah, berfungsi untuk menghasilkan tegangan 5V, IC LM7812 sebanyak 1 buah, berfungsi untuk menghasilkan tegangan +12V, Transistor NPN 2N3055 dua buah, Pinhead 4 pin sebanyak 1 buah, berfungsi

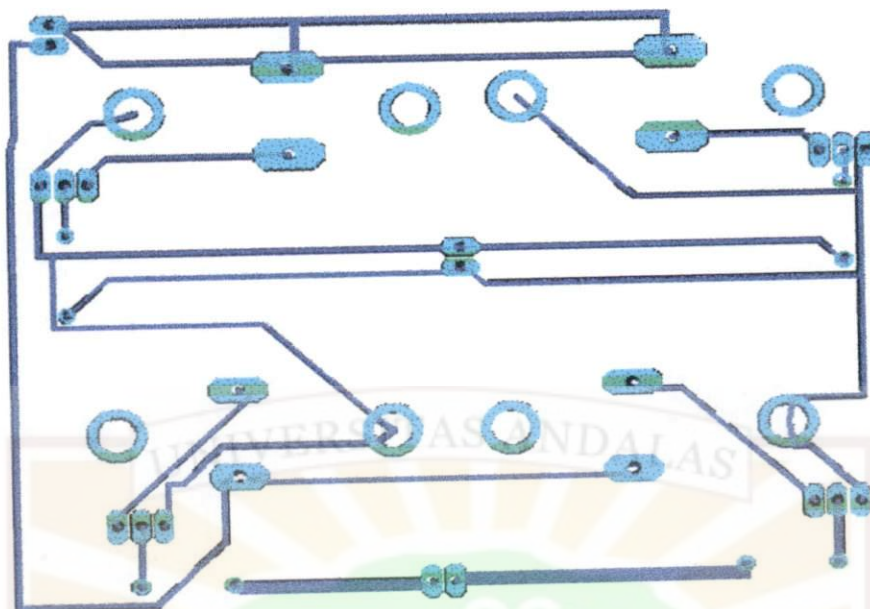
sebagai *ground* dan keluaran +12 V DC. Semua komponen dirangkai pada PCB sesuai dengan Gambar 3.6, dan disolder kemudian diuji keluaran rangkaian secara keseluruhan dengan menggunakan ohmmeter.

3.3.4. Rangkaian Driver

Rangkaian *driver* berfungsi untuk menggerakkan motor, membuat rangkaian *driver* juga menggunakan program *eagle* seperti halnya pada pembuatan rangkaian mikrokontroler dan catu daya. Rangkaian skematik *driver* dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan *layout pcb* pada Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Skematik rangkaian *driver*



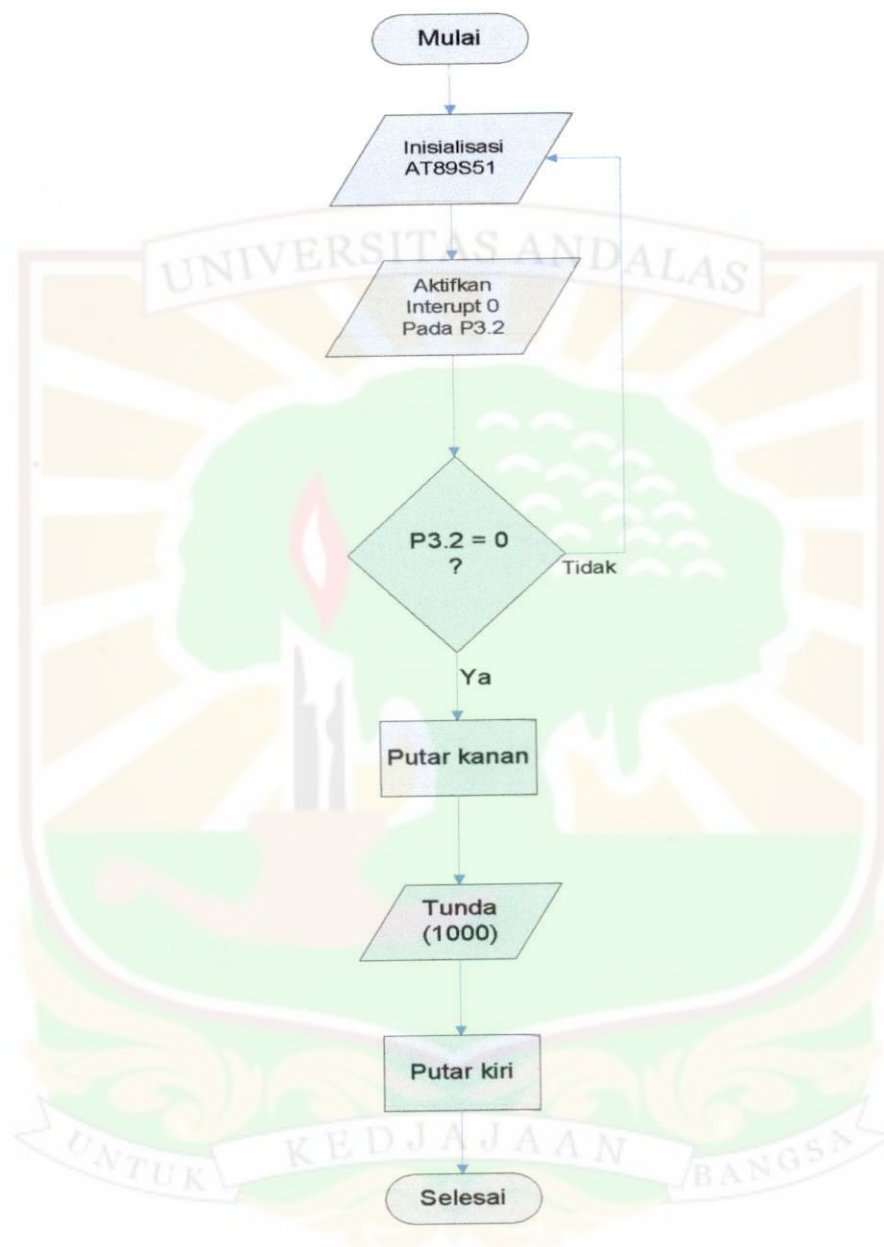
Gambar 3.8 Rangkaian *driver layout pcb*

Komponen yang digunakan untuk rangkaian *driver* ini adalah :Transistor Mj 2955 jenis PNP; 2 buah, dan Transistor 2N 3055 jenis NPN; 2 buah. Resistor 47 ohm; 2 buah, dan Resistor 1 K ohm; 2 buah. Transistor 9012 jenis PNP; 2 buah, dan Transistor 9013 jenis NPN ;2 buah, serta 1 buah Motor DC 12 volt

3.4. Rancangan Bangun Perangkat Lunak.

Sebelum membuat suatu program, terlebih dahulu dibuat diagram alir dari program tersebut. Diagram alir merupakan alur atau langkah-langkah dari program yang akan dibuat, dengan begitu akan lebih jelas tentang langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan dalam membuat program.

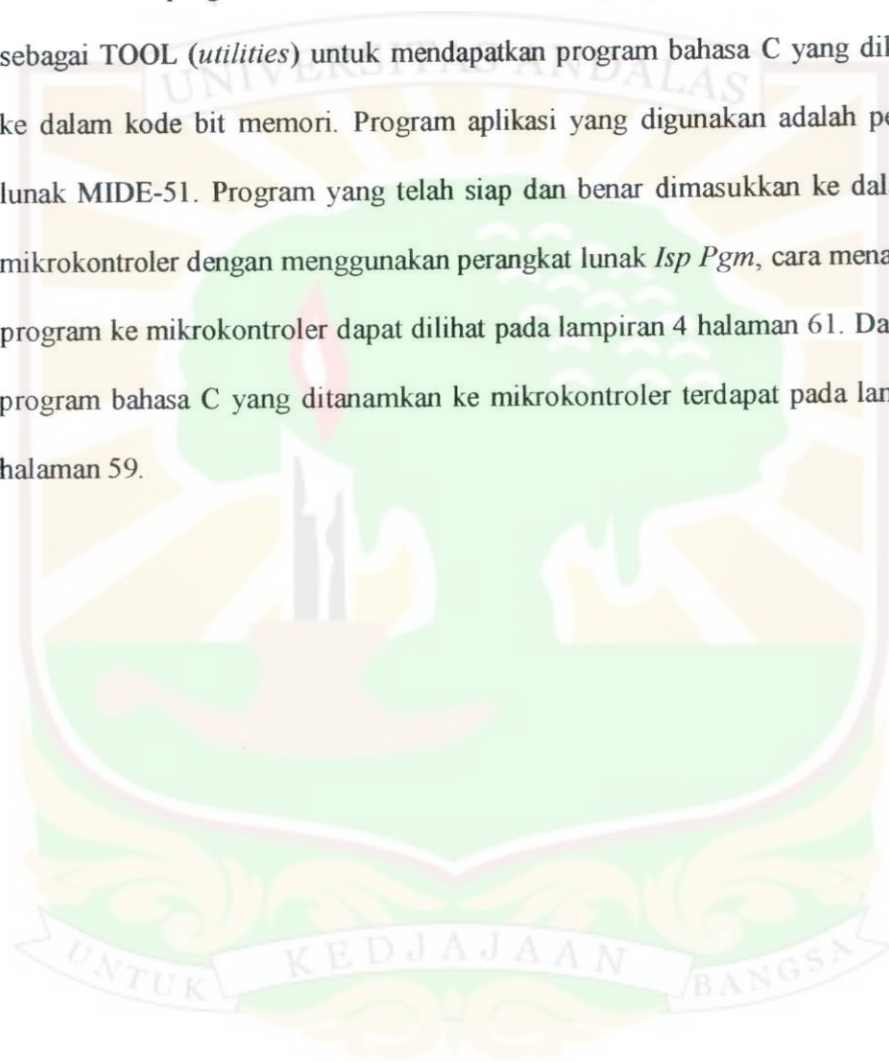
Diagram alir perangkat lunak sistem pintu otomatis dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 . Diagram alir program pintu otomatis.

Program dimulai dengan melakukan inisialisasi oleh Mikrokontroler pada pin 12 (P3.2) sebagai port masukan dari sensor, kemudian mengaktifkan interupsi eksternal 0, artinya sinyal eksternal dari low ke high pada P3.2. Jika mikrokontroler menerima sinyal high, mikrokontroler akan mengendalikan motor untuk putar kanan, dan memberikan penundaan 1 sekon kemudian putar kiri.

. Pemrograman bahasa C memerlukan program aplikasi yang dikenal sebagai TOOL (*utilities*) untuk mendapatkan program bahasa C yang dikonversi ke dalam kode bit memori. Program aplikasi yang digunakan adalah perangkat lunak MIDE-51. Program yang telah siap dan benar dimasukkan ke dalam *chip* mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak *Isp Pgm*, cara menanamkan program ke mikrokontroler dapat dilihat pada lampiran 4 halaman 61. Dan *listing* program bahasa C yang ditanamkan ke mikrokontroler terdapat pada lampiran 3 halaman 59.



3.5 Rancangan Mekanik Pintu

Mekanik dibuat dalam bentuk sebenarnya, yaitu membuat konstruksi pintu yang dapat dibuka dan ditutup dengan menggeser ke kiri atau ke kanan dengan menggunakan motor. Dalam perancangan pintu ini perlu dipertimbangkan ukuran pintu, berat pintu dengan daya motor yang akan menariknya. Karena semakin besar ukuran pintu, tentu akan semakin berat, sehingga daya yang diperlukan motor lebih besar. Dan semakin kecil ukuran pintu, maka berat akan semakin berkurang, sehingga daya yang diperlukan motor tidak terlalu besar.

Faktor yang mempengaruhi berat dari mekanik pintu tergantung pula pada jenis bahan untuk membuat pintu. Jika pintu itu dibuat dari jenis bahannya yang ringan, berarti dapat dirancang pintu yang ukurannya lebar, bila dibandingkan dengan jenis bahannya yang berat, tentu ukuran pintu yang dapat dirancang adalah untuk ukuran kecil, bila daya motor yang digunakan sama.

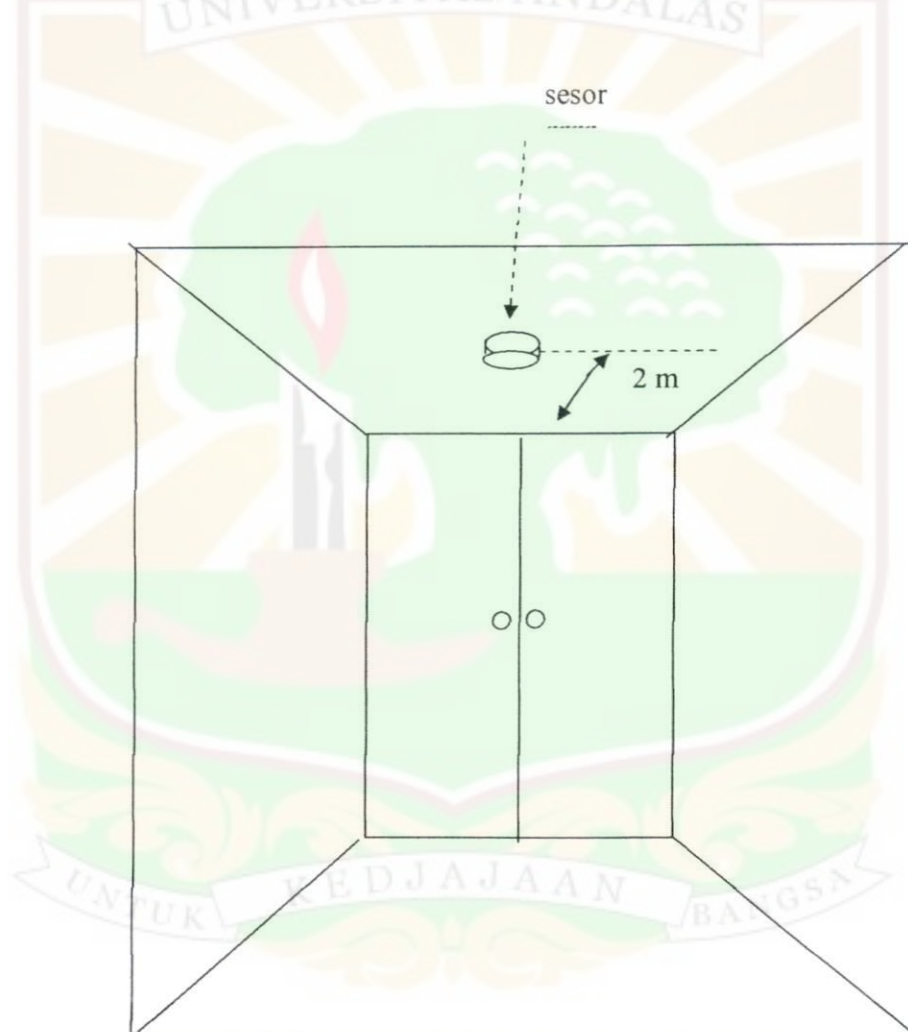
Di sini juga diperhitungkan kecepatan motor dengan ukuran keliling roda teflone. Bila kecepatan motornya tinggi, maka roda teflone yang digunakan haruslah yang ukuran kelilingnya besar, sehingga kecepatan pintu saat membuka dan menutup pintu tidak terlalu cepat. Sebab kalau terlalu cepat akan menyebabkan ketidakcocokan antara waktu orang yang masuk dengan waktu pintu untuk membuka dan menutup. Jika kecepatan motor tidak terlalu tinggi, maka roda teflone yang dipasang dapat diperkecil ukurannya.

Perlu diperhitungkan juga gesekan yang terjadi antara pintu dengan kedudukannya. Karena semakin besar permukaan, gaya gesekan akan semakin besar juga, sehingga akan memerlukan daya yang besar pula. Untuk mengurangi

gaya gesekan, maka digunakan rel yang mempunyai roda-roda kecil yang disebut dengan rel henderson.

Untuk menginstalasi antara pintu dengan motor digunakan tali sebagai penarik pintu. Motor hanya memutar roda teflone, kemudian roda teflone akan menarik tali, sehingga pintu akan tertarik.

Sensor sebaiknya diletakkan di atas plafon dengan ketinggian maksimum 8 meter dari obyek, dan jarak sensor dari pintu 2 meter, seperti Gambar 3.23.



Gambar 3.10 Posisi sensor dalam rancangan sistem pintu otomatis

3.6 Tata Laksana Penelitian.

Untuk merancang bangun alat ini sehingga dapat bekerja dengan baik, penulis melakukan beberapa tahap dalam perancangan dan pembuatannya, tahap-tahap tersebut adalah: pengumpulan bahan bacaan penelitian melalui tinjauan pustaka dan internet, pengenalan fungsi dan penggunaan masing-masing komponen yang digunakan dalam rangkaian. Tahap uji coba yaitu: merangkai komponen pada papan *stripboard* dan pengujian keluaran, perancangan tata letak komponen pada PCB cetak dengan menggunakan program *EAGLE layout editor*.

Serta penyalinan tata letak komponen ke PCB cetak dengan menggunakan *slide/* plastik *transparan* dan pena permanen. dengan metode setrika, melarutkan PCB dengan menggunakan larutan FeCl_3 , komponen dirangkai kemudian disolder uji keluaran per blok rangkaian, kemudian pembuatan perangkat lunak dengan menggunakan program Mide-51, dan menanam program ke Mikrokontroler dengan menggunakan program Isp Pgm. Pengujian akhir meliputi pengujian *kompatibilitas* perangkat lunak dengan perangkat keras .

3.7 Kesulitan-Kesulitan

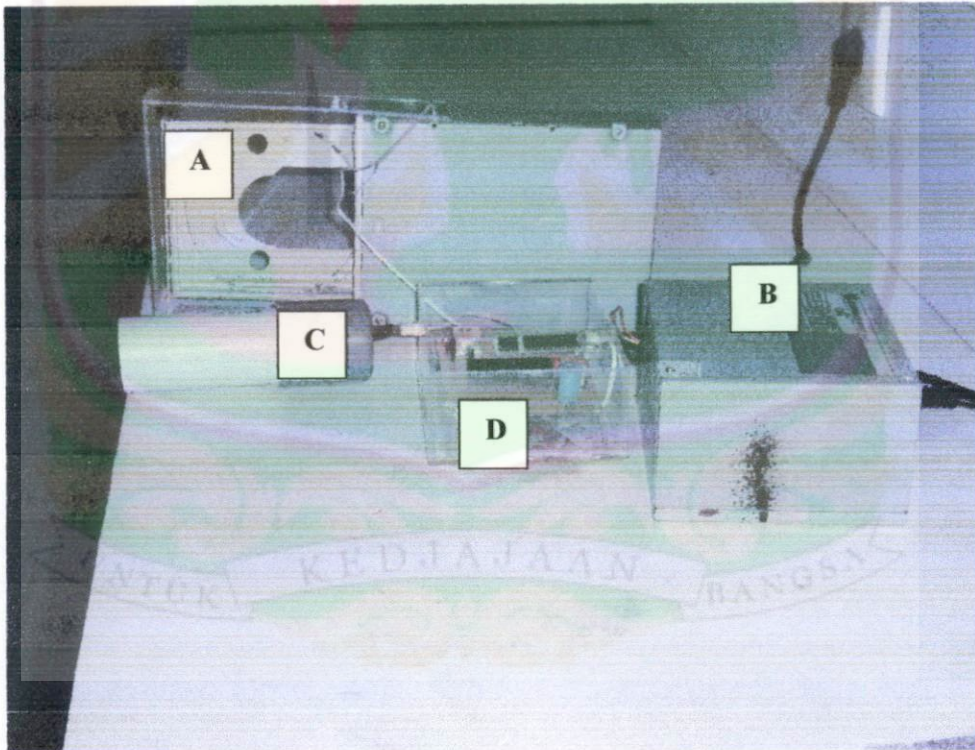
Kesulitan yang penulis alami dalam penelitian ini adalah kesulitan dalam mendapatkan sensor PIR KC7783R di kota Padang, sehingga penulis harus memesan sensor tersebut ke Surabaya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah diadakan penelitian selama satu tahun, dengan beberapa tahapan-tahapan, dan berbagai kendala yang dihadapi akhirnya dapat juga apa yang diharapkan, hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian dapat dilihat pada bab ini.

4.1 Hasil Penelitian

Setelah melewati tahapan perancangan dan pembuatan, didapatkan sebuah *prototipe* sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sensor PIR KC7783R seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Rangkaian prototipe sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sensor PIR KC7783R

Pada Gambar 4.1 A adalah model pintu , B adalah catu daya 5 volt dan 12 volt yang mencatu rangkaian mikrokontroler dan *driver* yang ada pada model pintu, C adalah modul sensor PIR KC7783 R yang diletakkan dalam pipa, D adalah rangkaian Mikrokontroler.

Hasil yang didapat dari pengukuran masing-masing blok, yang terdiri dari sensor modul PIR KC7783R, blok rangkaian kontrol Mikrokontroler AT89S51, blok catu daya adalah sebagai berikut:

4.1.1 Sensor Modul PIR KC7783R

Pengujian tegangan keluaran rangkaian sensor dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Tegangan keluaran sistem sensor

Keadaan sensor	Tegangan keluaran sensor
Mendeteksi obyek	5 volt
Tidak mendeteksi obyek	0 volt

Jika sensor mendeteksi obyek, sensor menghasilkan tegangan keluaran 5 volt, sebaliknya jika sensor tidak mendeteksi obyek tegangan keluarannya 0 volt.

Pengujian rentang jarak antara sensor dengan obyek (manusia), dilakukan dengan cara memvariasikan jarak sensor dan obyek, sensor dihadapkan secara horizontal terhadap arah datangnya manusia (Lihat gambar 2 lampiran 5 hal 65) pada pengujian ini digunakan model pintu sebagai indikator. Hasil pengukuran dan pengujian jarak sensor dengan obyek dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian jarak antara sensor dan obyek (manusia)

No	Jarak sensor dengan obyek (meter)	Model pintu (indikator)
1	1	terbuka
2	2	terbuka
3	3	terbuka
4	4	terbuka
5	5	terbuka
6	6	terbuka
7	7	terbuka
8	8	terbuka
9	> 8	Tidak terbuka

Jika jarak objek dan sensor lebih dari 8 meter, sensor tidak mendeteksi adanya obyek. Bila obyek tidak bergerak (diam) di depan sensor pintu juga tidak akan terbuka. Hewan seperti Kucing juga bisa membuka pintu asalkan bergerak terhadap sensor, karena Kucing juga memancarkan inframerah. Jarak deteksi kucing lebih pendek dibandingkan manusia.

Pengujian sudut antara sensor dan obyek, agar radiasi dari obyek dapat diterima oleh sensor dengan baik diadakan pengujian dengan cara memvariasikan sudut antara obyek dan sensor. Hasil pengujian sudut antara sensor dan obyek dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian sudut antara sensor dan obyek (manusia)

No	Sudut antara sensor dan obyek	Model pintu (indikator)
1	0°	terbuka
2	10°	terbuka
3	20°	terbuka
4	30°	terbuka
5	40°	terbuka
6	50°	terbuka
7	60°	terbuka
8	>60°	Tidak terbuka

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sudut maksimum agar radiasi dari obyek dapat ditangkap sensor adalah 60°. Jika sudut antara sensor dan obyek lebih dari 60° maka radiasi panas tidak dapat diterima oleh sensor.

Pengujian sensor dengan adanya cahaya dan tanpa cahaya, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4

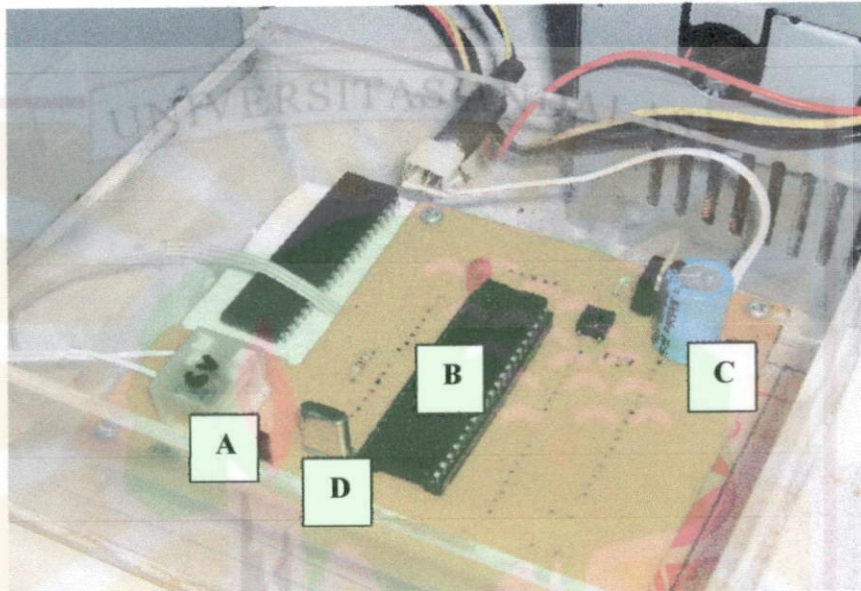
Tabel 4.4 Pengaruh cahaya terhadap sistem sensor

Ada cahaya (terang)	Pintu terbuka
Tidak ada cahaya (gelap)	Pintu terbuka

Sensor PIR hanya mendeteksi sinar inframerah yang mempunyai panjang gelombang 5 μ m-14 μ m, sedangkan cahaya tampak mempunyai panjang gelombang yang lebih kecil dari 5 μ m, jadi intensitas cahaya tampak tidak mempengaruhi sensor.

4.1.2 Rangkaian Kontrol Mikrokontroler AT89S51

Blok rangkaian mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.2, A adalah relay, B adalah IC Mikrokontroler AT89S51, C adalah Kapasitor Polar (elco), D adalah kristal .



Gambar 4.2 Blok rangkaian mikrokontroler AT89S51

Tegangan catu: 4,90 volt, tegangan di kaki 12 (P3.2) / *input* : 5 volt, dan tegangan di kaki 21 (P.20) dan kaki 22 (P.20) / *output* : 4,90 volt

4.1.3.. Rangkaian Catu Daya

Tegangan input dari PLN : 220 volt, tegangan keluaran IC LM 7805 : 4,90 volt untuk mencatu rangkaian mikrokontroler dan tegangan keluaran IC LM 78012 : + 11,95 volt untuk mencatu *driver* yang terdapat pada model pintu.

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Jika sensor merespon perubahan suhu akibat pergerakan obyek penghasil panas (manusia) maka tegangan pada keluaran sensor adalah +5 V atau berlogika “*high*”, sebaliknya jika sensor tidak merespon obyek penghasil panas bergerak di depannya maka tegangan pada keluaran sensor adalah 0 V atau berlogika “*low*”. Sensor menghasilkan sinyal akibat dari radiasi gelombang elektromagnet yang diterimanya dari obyek dalam hal ini manusia

Pengujian rentang jarak maksimum dilakukan dengan memvariasikan jarak antara pemancar dan penerima. Manusia sebagai sumber penghasil panas merupakan pemancar dan sensor *passive infrared* sebagai penerima. Pada keadaan ini model pintu sebagai indikator. Jika obyek datang secara horizontal menuju sensor (melintasi sensor) jarak terjauh obyek dan sensor adalah 8 meter. Artinya pada jarak 8 meter pintu sudah terbuka. Pintu terbuka lamanya 20 detik dan kemudian tertutup kembali.

Oleh sebab itu penulis meletakkan sensor pada jarak 2 meter dari pintu dan sensor diletakkan pada ketinggian maksimum 8 meter dari obyek. Jadi saat obyek lewat di depan sensor 1 detik kemudian pintu terbuka, dan pintu terbuka lamanya 20 detik kemudian tertutup kembali, jika sensor mendeteksi obyek lain pintu tetap terbuka, dan 20 detik kemudian akan tertutup.

Sudut maksimum antara sensor PIR dan obyek adalah 60 °, agar sensor dapat digunakan untuk mendeteksi obyek yang melewatinya (menuju pintu) maka lebar daerah deteksi diperkecil. Untuk memperkecil lebar daerah deteksi maka sensor dimasukkan dalam sebuah kotak yang diberi lobang sebesar sensor, atau meletakkan sensor dalam tabung.

Intensitas cahaya pada suatu ruangan ternyata tidak berpengaruh terhadap daya deteksi sensor, hal ini dibuktikan dengan melakukan pengujian di malam hari dengan mematikan lampu ruangan, ternyata sensor juga dapat mendeteksi obyek dalam keadaan gelap.

Keluaran dari sensor dihubungkan ke Mikrokontroler AT89S51 melalui pin 12 (P3.2). Dengan bahasa pemrograman C sinyal diolah oleh Mikrokontroler AT89S51 dan dikeluarkan melalui pin 21 (P2.0) dan pin 22 (P2.1), berdasarkan instruksi yang diberikan maka Mikrokontroler akan melakukan pengontrolan gerakan motor yang terhubung dengan model pintu.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian rancang bangun sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sensor PIR KC7783R, telah menghasilkan beberapa kesimpulan dan saran-saran untuk kelanjutan penelitian berikutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Prototipe sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler dengan PIR KC7783R telah berhasil dibuat dan dapat berjalan dengan baik.
2. Sistem pintu otomatis berbasis mikrokontroler ini menggunakan temperatur tubuh manusia sebagai besaran dalam proses pengendalian pintu.
3. Sistem ini akan bekerja bila mikrokontroler mendapat tegangan 5 volt dari rangkaian sensor, sehingga mikrokontroler akan mengaktifkan rangkaian *driver* dengan memberikan tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh rangkaian *driver* untuk membuat motor putar kanan, putar kiri dan berhenti.
4. Sistem sensor pada sistem kontrol ini dapat mendeteksi obyek pada keadaan tanpa cahaya.

5.2 Saran.

Untuk pengembangan selanjutnya dari rancang bangun sistem pintu otomatis ini penulis menyarankan :

1. Dengan mengganti sistem sensor dengan sensor sidik jari dapat dibuat rancang bangun sistem pintu otomatis untuk memasuki ruangan khusus atau tertentu.
2. Dapat pula dibuat rancang bangun pintu otomatis yang juga berfungsi sebagai pengaman dengan mengkombinasikan dua buah sensor yang jenisnya berbeda (PIR *dual Tech*).



DAFTAR PUSTAKA

- Bucła, D. dan McLaclan, W., 1992, *Applied Electronic Instrumentation and Measurement*, Prentice Hall Inc. Englewoods Cliffs, New Jersey
- Budiharto, W., 2004, *Interfacing Komputer dan Mikrokontroler*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta
- Budioko, T., 2005, *Belajar dengan Mudah dan Cepat Pemrograman Bahasa C dengan SDCC pada Mikrokontroler AT89S51/AT89C51/52*, Gava Media, Jogjakarta
- Fraden, J., 1996, *Handbook of Modern Sensors Physics, designs and Applications*, Springer- Verlag Inc, New York.
- Hidayat, R., 2006, *Alat Pencacah Objek Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Passive Infrared*, Skripsi Sarjana, Universitas Andalas, Padang.
- Joni, I.M., dan Raharjo, B., 2006, *Pemrograman C dan Implementasinya*, Informatika, Bandung
- Malvino, A.P., 1985, *Prinsip-Prinsip Elektronika I*, Erlangga, Jakarta.
- Putra, A.E., 2003, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)* Edisi kedua, Gava Media, Yogyakarta
- Simanjuntak, H., 2001, *Dasar-Dasar Mikroprosesor*, Kanisius
- Sudjadi., 2005, *Teori dan Aplikasi Mikrokontroler*, Edisi pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Suryono dan Tim, 2005, *Pemrograman dan Aplikasi Mikrokontroler ISP MCS 51*, Workshop Fisika FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang
- Sutrisno., 1986, *Elektronika Teori Dasar dan Penerapan I*, ITB Bandung
- Widyatmo, A., Eduard, H., dan Fendy., *Belajar Mikroprosesor Mikrokontroler*, Elex Media Komputindo, Jakarta
- [http : // www. Atmel. com](http://www.Atmel.com), 18 Desember 2006
- [http : // www. alldata sheet. com](http://www.alldata sheet. com), 18 Desember 2006
- [http : // www. delta-elektronik. com](http://www. delta-elektronik. com), 27 Juli 2007
- [http : // www. glolab. com](http://www. glolab. com), 27 Juli 2007
- [http : // www. kelas- mikrokontroler. com](http://www. kelas- mikrokontroler. com), 29 Juli 2007

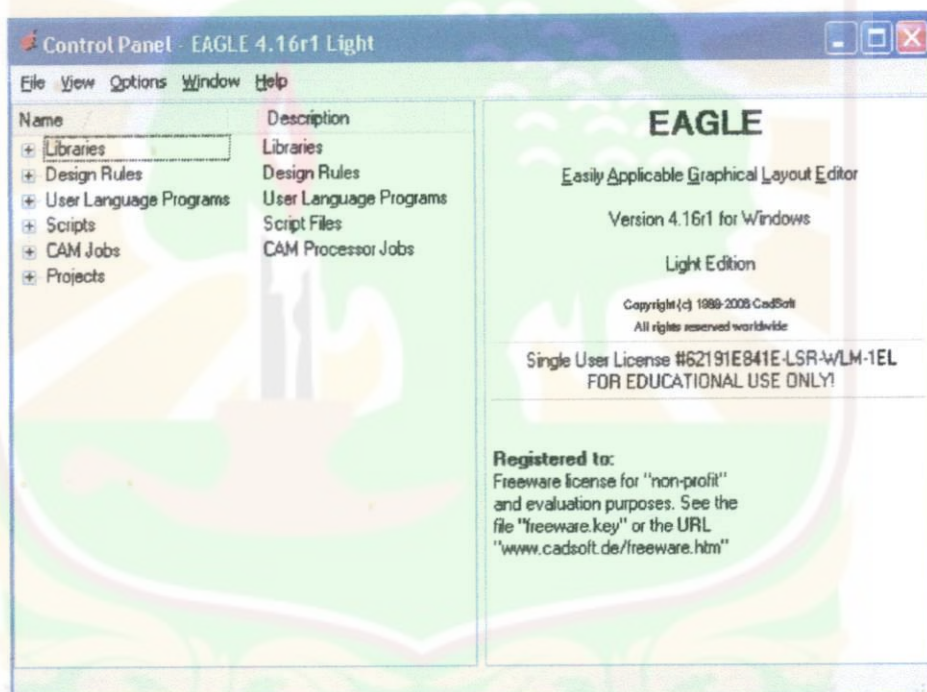


LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan skematik (*schematic*) sampai *stage schematic*

layout pcb dengan perangkat lunak eagle.

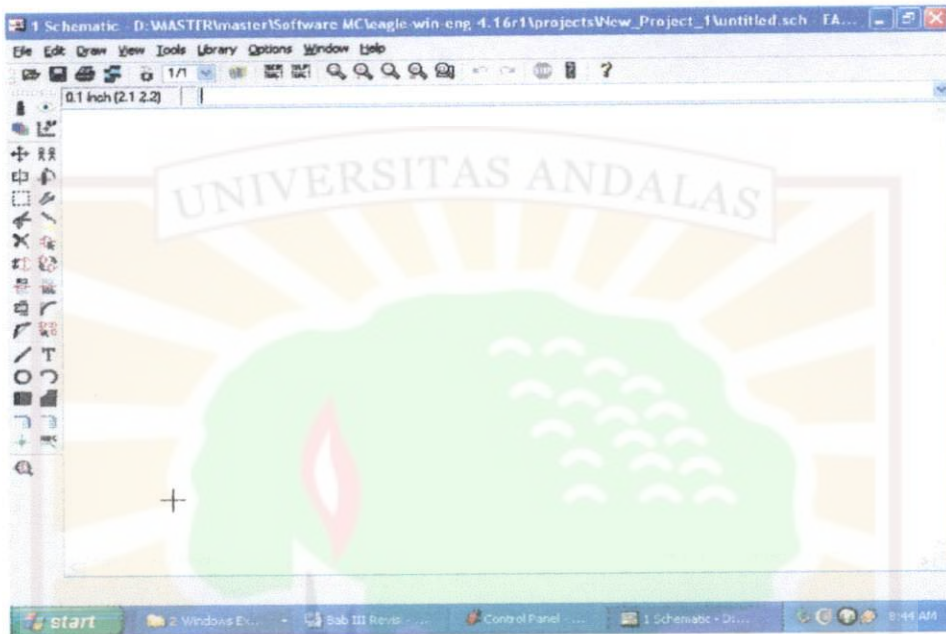
- 1). Klik kiri dua kali *eagle-win-eng-4.16r1*.
- 2). Klik kiri dua kali bin.
- 3). *Delete eagle registration entries..*
- 4). Klik kiri dua kali *icon eagle* berwarna merah. Lalu muncul *control panel*.



Gambar 1. Kotak dialog *control panel*.

- 5). Klik kanan *project*.
- 6). Klik kiri *new folder* dan beri nama sistem pintu otomatis.

- 7). Klik kanan *folder* pintu otomatis.
- 8). Klik kiri *new project* dan beri nama pintu.
- 9). Klik kiri *new schematics*, muncul jendela skematik (*Stage Schematic*)

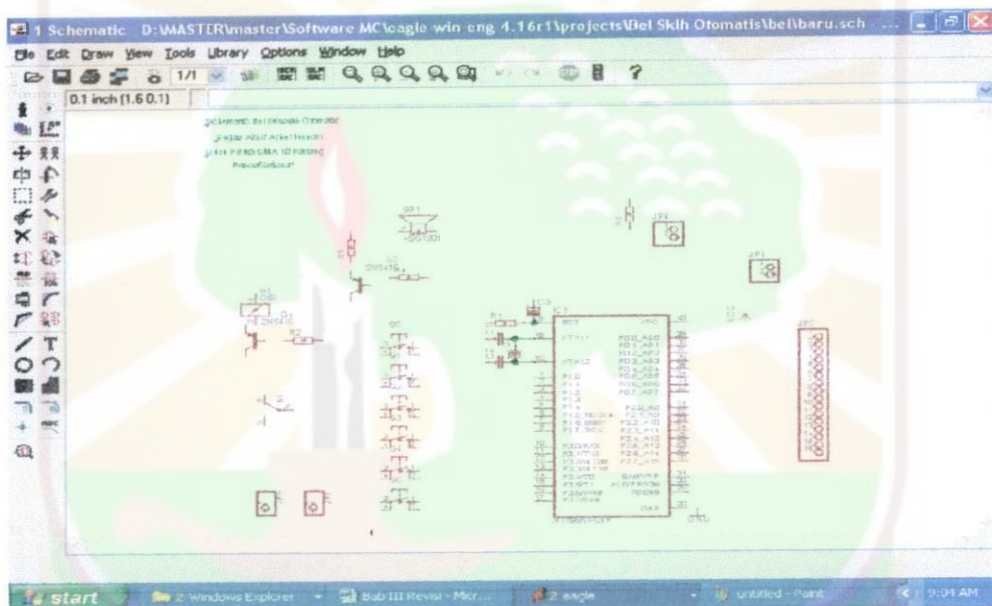


Gambar 2. *Stage schematic*

Tambahkan komponen-komponen berikut ke *stage schematic*

- Mikrokontroler AT89S51-24P 1 buah (atmel/AT89S51-*/AT89S51-24P)
- Kapasitor non polar 33 pF 2 buah (rcl/C-EU/CEU025-024X044)
- Kapasitor polar (elco) kira-kira 10 μ F 1 buah (rcl/CPOL-EU/CPOL-EU E1.8-4)
- CRISTALHC18U-V 1 buah
(crystal/CRYSTAL/CRYSTALHC18U-V)
- Header 1x16 2 buah (Pinhead/PINH16-1X16)

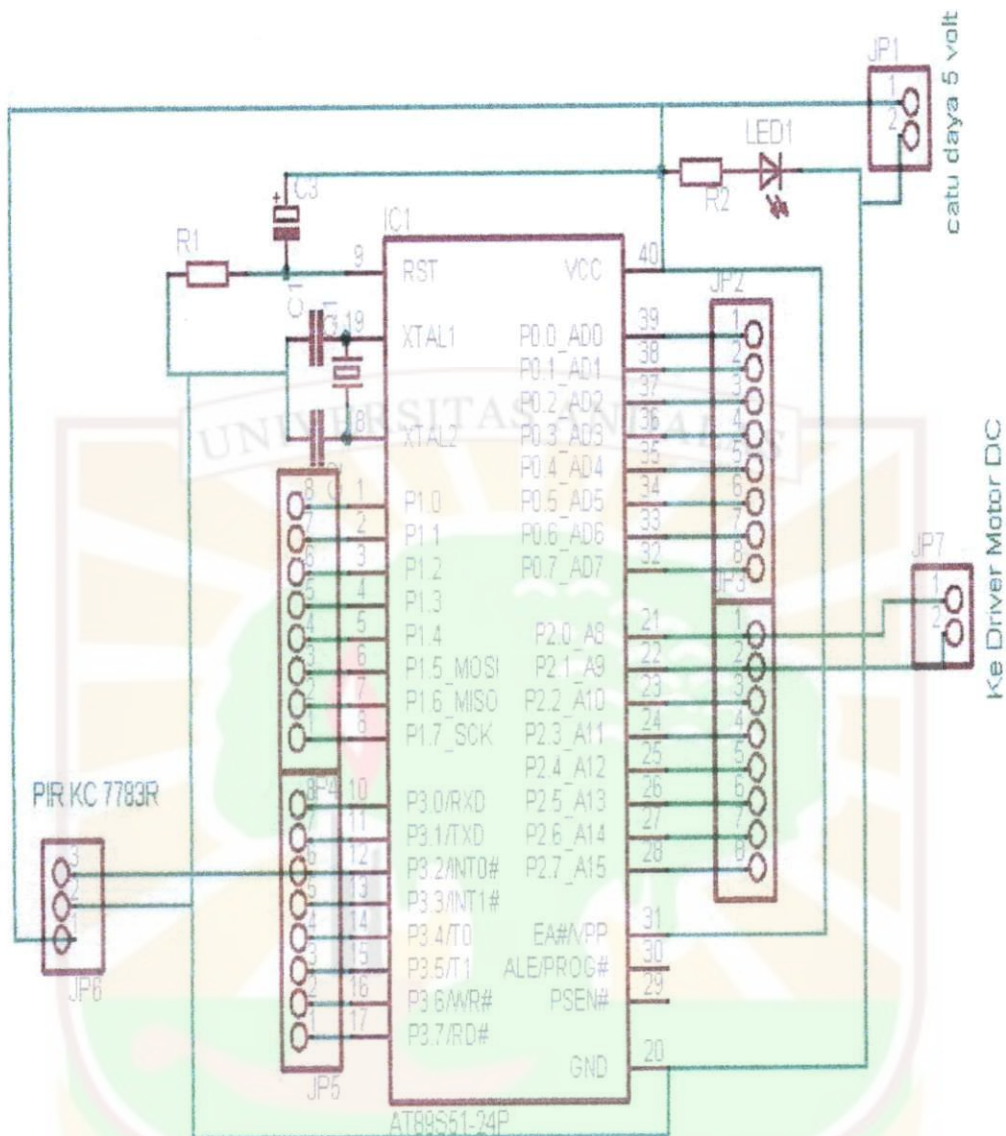
- Header 1x2 2 buah(Pinhead/PINHD-1X2)
- Header 1x3 1 buah(Pinhead/PINHD-1X3)
- LED 1 buah
- Resistor 2 buah (rcl/R-EU_0207/12)
- Relay 1 buah (relay/DSBT2-*/G5L)
- VCC 1 buah (suplay1/VCC)
- GND 1 buah (suplay1/GND)



Gambar 3. Stage schematic dengan komponen

- 9). Susun Komponen-komponen dengan mengaktifkan *move tool*.
- 10). Hubungkan komponen-komponen dengan mengaktifkan *wire tool*.

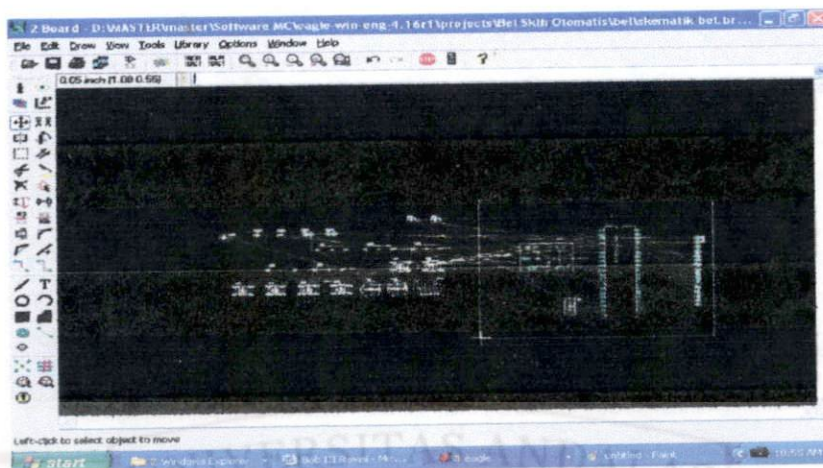
Schematic rangkaian mikrokontroler A89S51 terbentuk seperti pada Gambar 4 .



Gambar 4. Skematik rangkaian mikrokontroler AT89S51

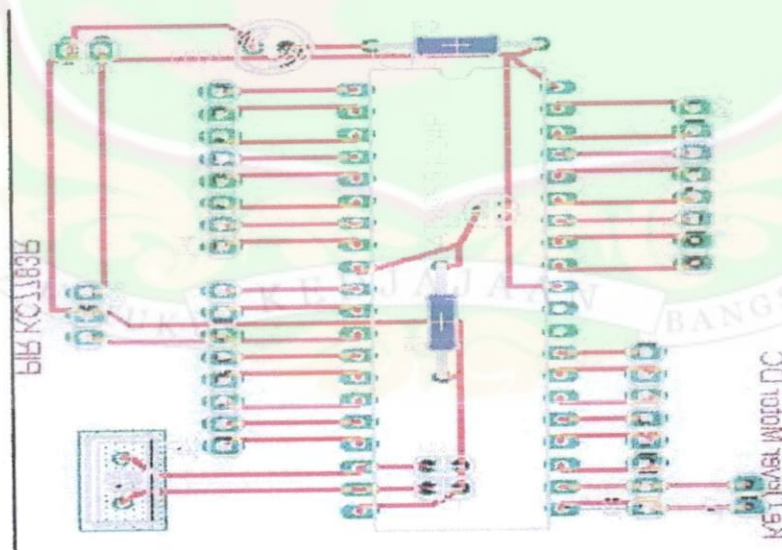
Mengkonversikan Skematik Menjadi Board dengan Perangkat lunak Eagle.

- 1). Klik kiri sub menu *board*
- 2). Klik kiri *yes*
- 3). Aktifkan move tool. Lalu pindahkan komponen ke dalam persegi seperti tampak pada Gambar 5

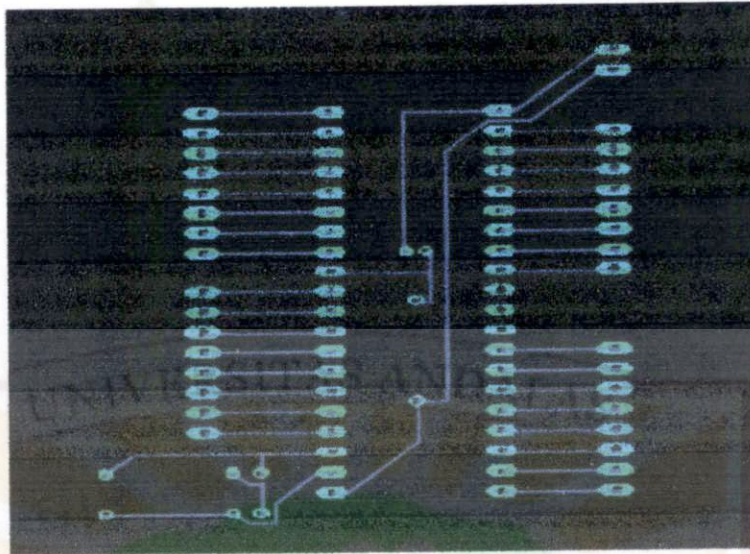


Gambar 5 Stage schematic layout pcb

- 4). Klik kiri DRC-klik kiri size-rubah nilai edit box 10 mil menjadi 30 mil pada label minimum width untuk memperbesar ukuran jalur (route)- klik kiri check
- 5). Klik kiri Auto- rubah edit box menjadi N/A pada general 1 top- klik ok
- 6). Hasilnya seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7



Gambar 6 Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 dengan komponen



Gambar 7 Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 untuk *layuot pcb*

7) Menguji rangkaian dengan ohmmeter (multimeter), seperti pada Gambar 8.



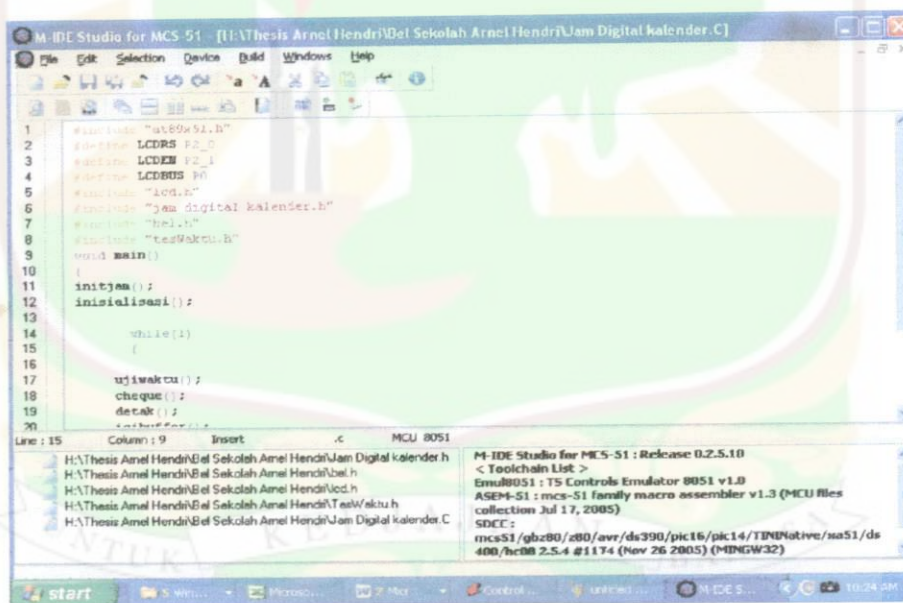
Gambar 8 Uji rangkaian pada pcb

MILIK
UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS

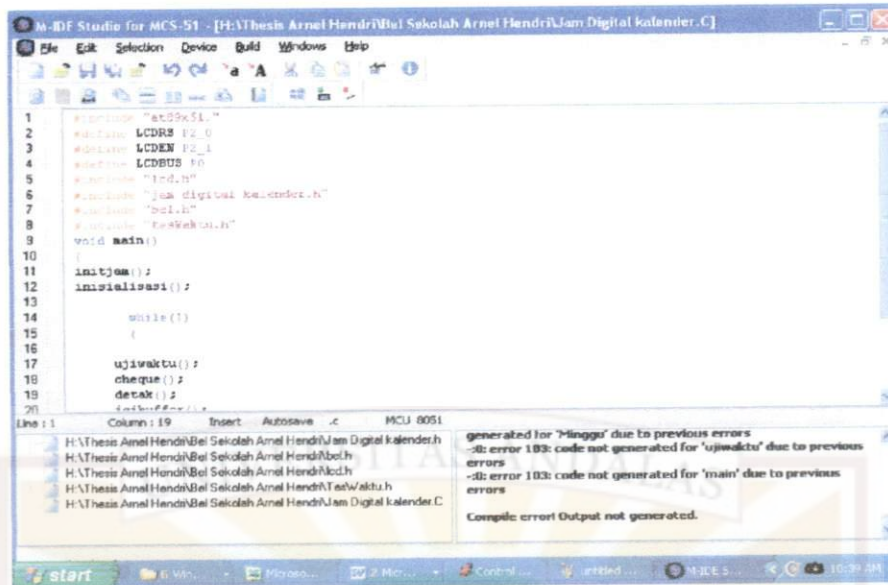
Lampiran 2. Menulis program dengan perangkat lunak MIDE-51

Bahasa C merupakan suatu bahasa perantara dari kita tentang apa yang di program ke bahasa mesin. Bahasa C merupakan suatu bahasa yang digunakan oleh programmer untuk mengetahui kode-kode bahasa mesin. Bahasa C umumnya ditulis dalam instruksi-instruksi yang merupakan alat bantu untuk mengingat yang telah diprogram dalam CPU tersebut.

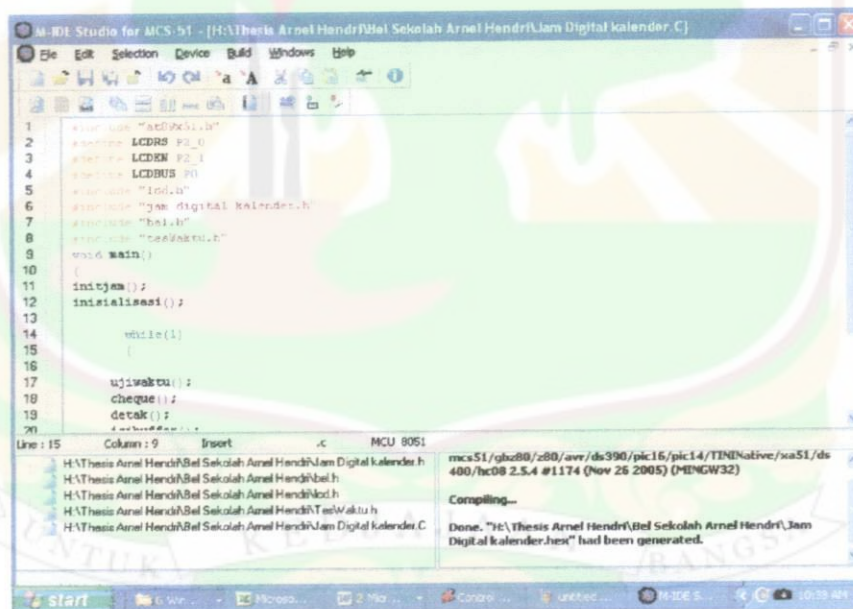
Program aplikasi yang digunakan adalah perangkat lunak MIDE-51. Gambar 1 merupakan tampilan program bahasa C, Gambar 2 tampilan gagal program bahasa C dan Gambar 3 tampilan sukses program bahasa C, yang penulis tulis dalam perangkat lunak MIDE-51.



Gambar 1. Tampilan program bahasa C



Gambar 2. Tampilan gagal program bahasa C



Gambar 3. Tampilan sukses program bahasa C

Lampiran 3. Listing program bahasa c sistem pintu otomatis

Kode program yang di tanamkan pada mikrokontroler adalah sebagai berikut:

```

=====
= = // deklarasi register AT89S51
=====
#include "at89x51.h"
unsigned char d;

=====
= = // fungsi delay
=====
void delay ( unsigned int waktu)
{unsigned int i;
for (i=0; i<waktu; i++);
}
=====
= = // fungsi delay panjang
=====
void tunda (unsigned char waktu)
{ unsigned int i;
for (i=0; i<waktu; i++);
{delay (1000);
}
}
=====
= = // fungsi putar kanan
=====
void putar_kanan ()
{
P2_0 = 0;           // port 2.0 bernilai 0
P2_1 = 1;           // port 2.1 bernilai 1
tunda (1000);       // beri tundaan 1 sekon
}
=====
= = // fungsi putar kiri
=====
void putar_kiri ()
{
P2_0 = 1;           // port 2.0 bernilai 1
P2_1 = 0;           // port 2.1 bernilai 0
tunda (1000);       // beri tundaan 1 sekon
}
=====
= = // fungsi ganti
=====

```



```
void change()
{
if (P2_4 == 1)           // jika port 2.4 bernilai 1
{TR0 = 0;                // timer berhenti
putar_kanan ();          // putar kanan
tunda (20000);            // beri tundaan 20 sekon
putar_kiri ();            // putar kiri
TR0 = 1;                  // timer dijalankan
}

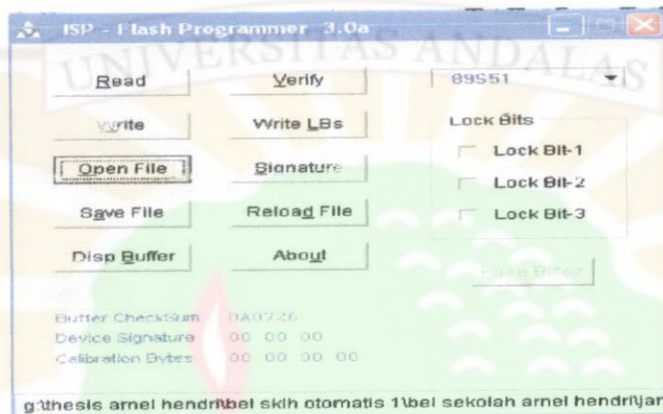
=====
// fungsi interupsi
=====
void Interupsi(void) interrupt 1 using 1 // pemegang interupsi
{
TH0|= 0xdc;                // melakukan cacahan
d++;
}

=====
// fungsi inisialisasi
=====
void initjam()
{
EA = 1;                    // semua interupsi dibolehkan
ET0 = 1;                   // interupsi timer 0 dibolehkan
TMOD = 0x01;               // timer 1 mode 1
TR0 = 1;                   // timer dijalankan
}

=====
// fungsi utama
=====
void main()
{initjam();                // inisialisasi port
while(1)                  // pernyataan –pernyataan akan dieksekusi jika bernilai 1
{change();                 // jika tidak ganti inisialisasi
}}
```

Lampiran 4. Menanamkan program ke mikrokontroler

Program yang telah siap dan benar dimasukkan ke dalam *chip* mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak *Isp Pgm*. Icon perangkat lunak *Isp Pgm* yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.

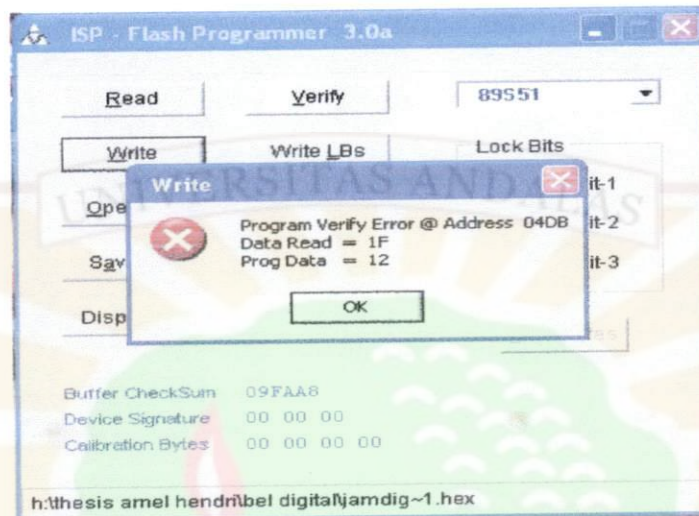


Gambar 1. Kotak dialog *Isp Pgm*

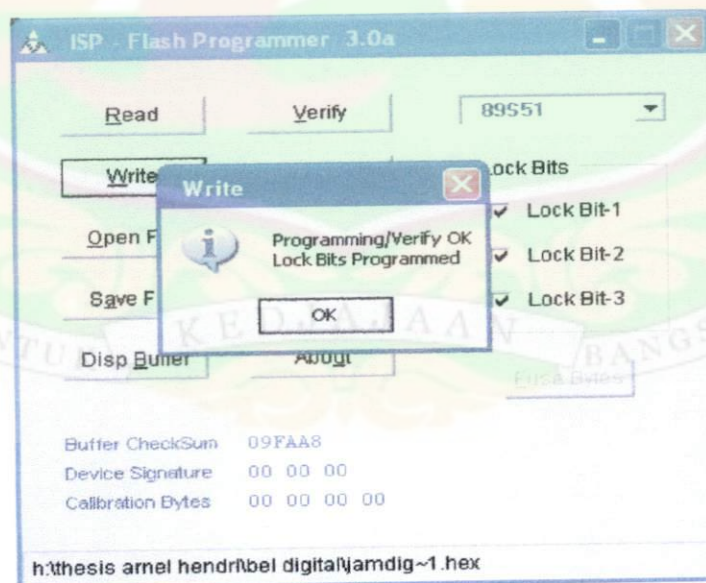
Berikut tahap penanaman program menggunakan perangkat lunak *Isp Pgm* :

1. *Chip* mikrokontroler dipasang pada sistem minimum dan dihubungkan ke komputer melalui *jack* DB 25 atau *port printer*.
2. *Icon signature* diklik, untuk mengecek *chip* mikrokontroler dan komputer telah terhubung atau belum.
3. *Icon open file* diklik untuk menunjuk program yang akan ditanam ke *chip* mikrokontroler.
4. *Icon write* diklik untuk memasukkan program pada *file* yang telah ditunjuk ke dalam *chip* mikrokontroler.

5. Jika penanaman program sudah selesai klik *icon verify*., lihat Gambar 2 dan Gambar 3

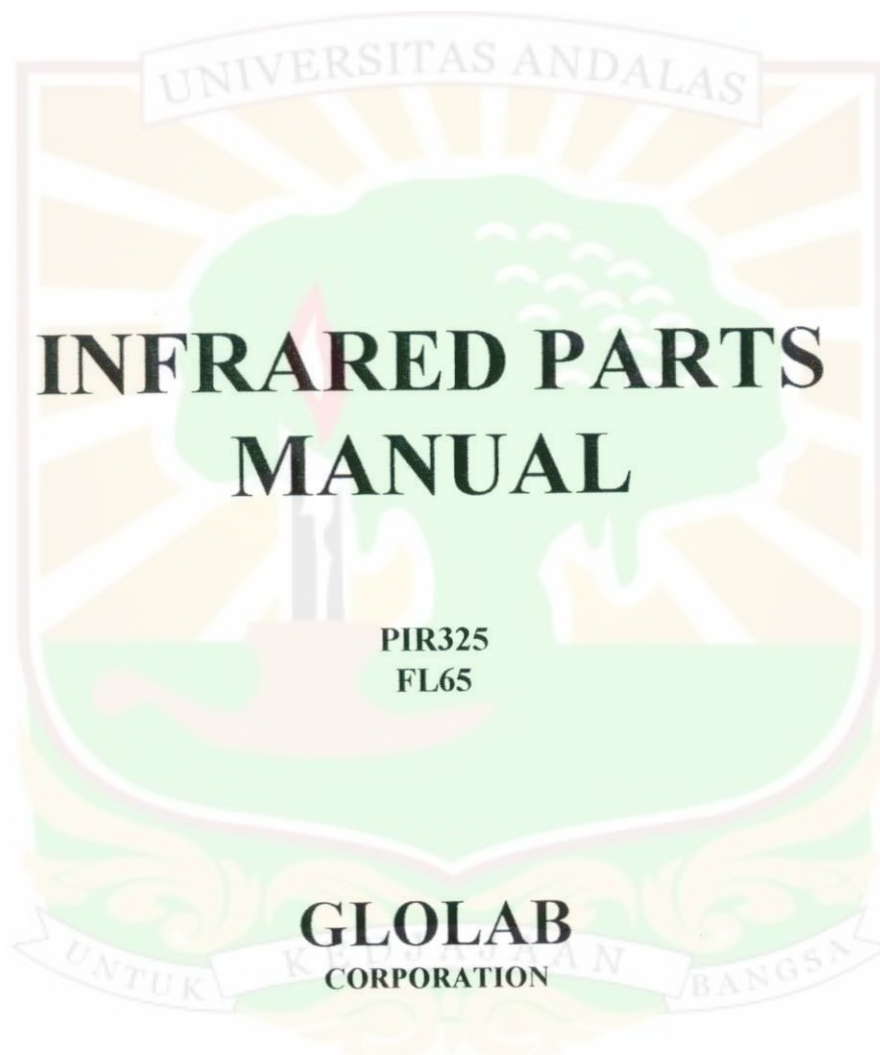


Gambar 2. Tampilan perangkat lunak Isp Pgm dengan pesan gagal



Gambar 3. Tampilan perangkat lunak Isp Pgm dengan pesan sukses

Lampiran 5. *Infrared part manual*



Infrared Radiation _____

Infrared radiation exists in the electromagnetic spectrum at a wavelength that is longer than visible light. Infrared radiation cannot be seen but it can be detected. Objects that generate heat also generate infrared radiation and those objects include animals and the human body whose radiation is strongest at a wavelength of $9.4\mu\text{m}$.

Pyroelectric Sensors _____

The pyroelectric sensor is made of a crystalline material that generates a surface electric charge when exposed to heat in the form of infrared radiation. When the amount of radiation striking the crystal changes, the amount of charge also changes and can then be measured with a sensitive FET device built into the sensor. The sensor elements are sensitive to radiation over a wide range so a filter window is added to the TO5 package to limit incoming radiation to the 8 to $14\mu\text{m}$ range which is most sensitive to human body radiation.

Figure 1 shows how typically, the FET source terminal pin 2 connects through a pulldown resistor of about 100 K to ground and feeds into a two stage amplifier having signal conditioning circuits. Each of the two cascaded stages has a gain of 100 for a total gain of about 10,000. The amplifier is typically bandwidth limited to below 10Hz to reject high frequency noise and is followed by a window comparator that responds to both the positive and negative transitions of the sensor output signal. A well filtered power source of from 3 to 15 volts should be connected to the FET drain terminal pin 1.

The PIR325 sensor has two sensing elements connected in a voltage bucking configuration. This arrangement cancels signals caused by vibration, temperature changes and sunlight. A body passing in front of the sensor will activate first one and then the other element as shown in figure 2 whereas other sources will affect both elements simultaneously and be cancelled. The radiation source must pass across the sensor in a horizontal direction when sensor pins 1 and 2 are on a horizontal plane so that the elements are sequentially exposed to the IR source.

Figure 3 shows the PIR325 electrical specifications and layout in its TO5 package. Please note that the distance from the front of the sensing elements to the front of the filter window is 0.045 inch (1.143mm). Figures 4 and 5 describe a Fresnel lens designed to be used with the PIR325 sensor.

Figure 6 shows a typical application circuit that drives a relay. R10 and C6 adjust the amount of time that RY1 remains closed after motion is detected. When used with a PIR325 sensor and FL65 Fresnel lens, this circuit can detect motion at a distance of up to 90 feet.

Figure 7 shows an application circuit that will indicate the direction that an infrared radiating source is moving.

TYPICAL CONFIGURATION

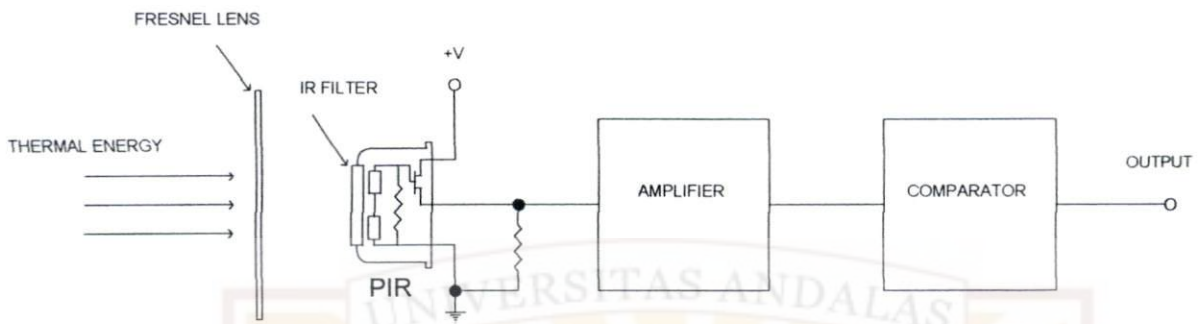


FIGURE 1

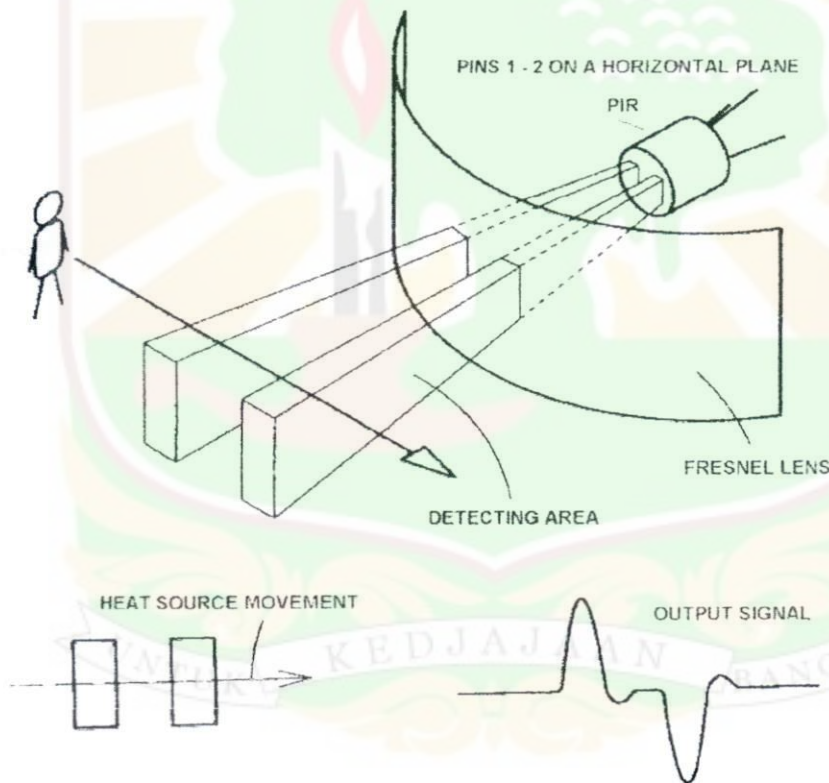


FIGURE 2

FIGURE 2

PIR325 Infrared Pyroelectric Sensor

Specifications and Dimensions

PIR325	
ELEMENT SIZE	2 x 1, 2 elements
SPECTRAL RESPONSE μm (1)	5 ~ 14
NOISE μVpp	20
OUTPUT mv pp (2)	3900
OFFSET VOLTAGE volts (3)	1.0
SUPPLY VOLTAGE volts (4)	2.5 ~ 15
OPERATING TEMPERATURE $^{\circ}\text{C}$	-30 ~ 70
STORAGE TEMPERATURE $^{\circ}\text{C}$	-40 ~ 80

NOTES:

1. With built-in window filter
2. After 72 db amplifier gain
3. At source pin 2 with 5 volts and 100K load
4. Well filtered power supply

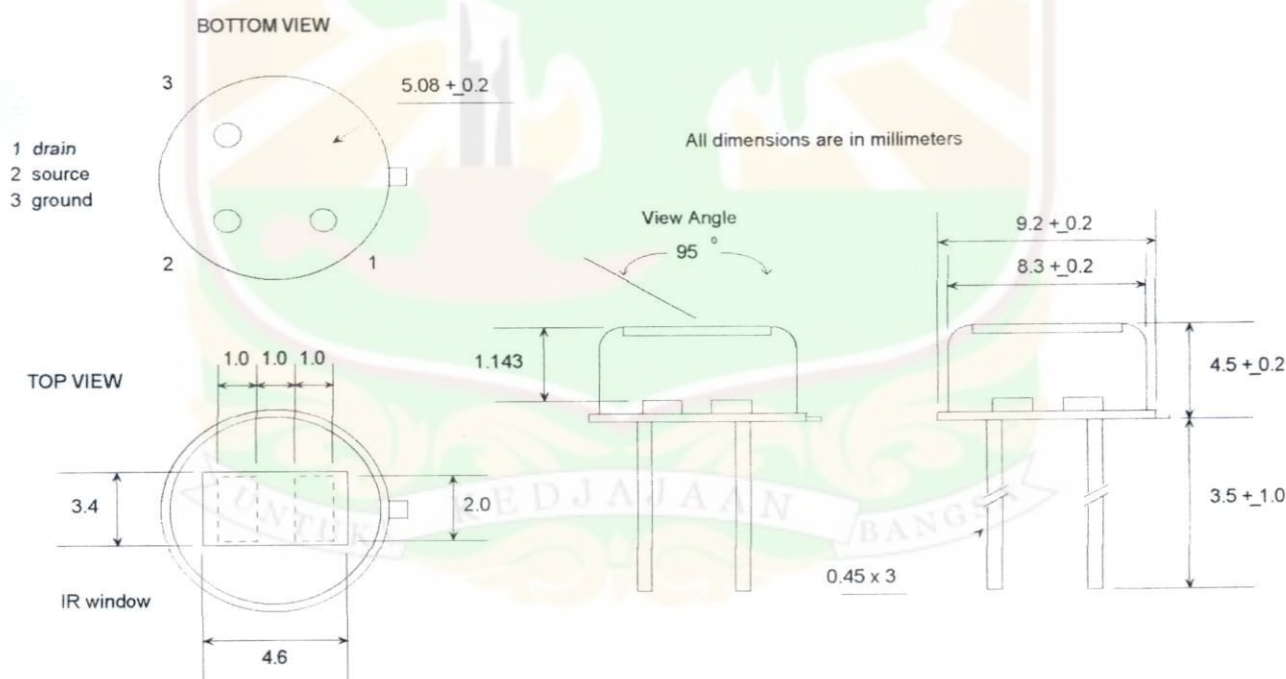


FIGURE 3

Fresnel Lens _____

A Fresnel lens is a Plano Convex lens that has been collapsed on itself as in figure 5 to form a flat lens that retains its optical characteristics but is much smaller in thickness and therefore has less absorption losses.

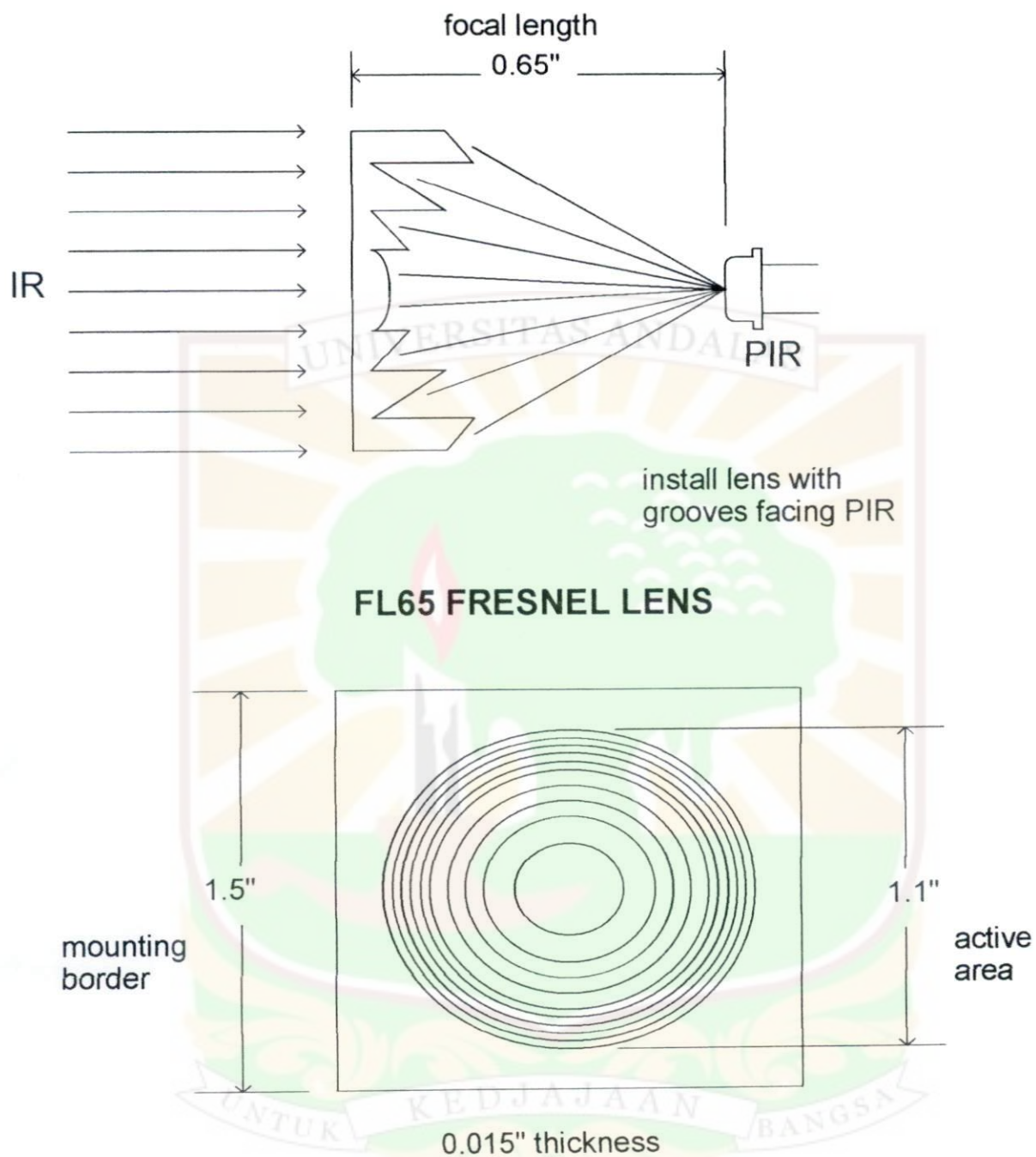


FIGURE 4

The FL65 Fresnel lens is made of an infrared transmitting material that has an IR transmission range of 8 to 14 μm that is most sensitive to human body radiation. It is designed to have its grooves facing the IR sensing element so that a smooth surface is presented to the subject side of the lens which is usually the outside of an enclosure that houses the sensor.

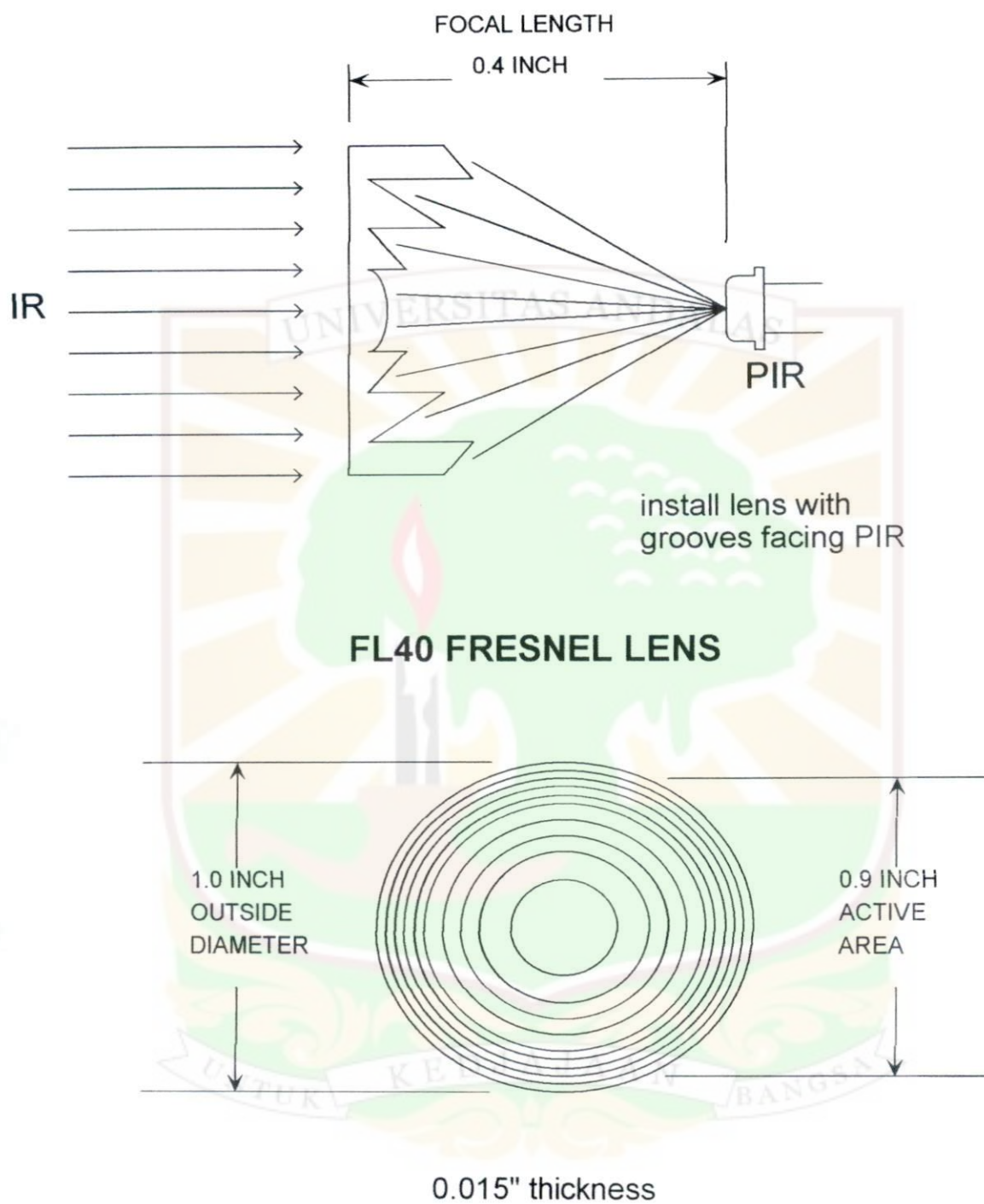
The lens element is round with a diameter of 1 inch and has a flange that is 1.5 inches square. This flange is used for mounting the lens in a suitable frame or enclosure. Mounting can best and most easily be done with strips of Scotch tape. Silicone rubber adhesive can also be used to form a more waterproof seal.

The FL65 has a focal length of 0.65 inches from the lens to the sensing element. It has been determined by experiment to have a field of view of approximately 10 degrees when used with a PIR325 Pyroelectric sensor. Figure 6 shows the lens dimensions.



Optimum transmittance in the 8 to 14 μm region

FIGURE 5



Optimum transmittance in the 8 to 14 μm region

Lampiran 6. Data sheet PIR module KC7783R

KC7783R PIR Module Low Cost version

This is a low cost version for PIR module series from COMedia Ltd. It is designed for cost sensitive consumer product. Except the IC package format, all the mechanical and electrical spec is same as KC7783.

Features:

- ☐ IC soft package by dice bonding technique
- ☐ Small size: 25 x 35mm
- ☐ Ball lens is included as standard configuration
- ☐ 3 leads flat cable for easy connection
- ☐ 4 mounting holes on board
- ☐ High Sensitivity
- ☐ High immunity to RFI
- ☐ Power up delay to prevent from false triggering
- ☐ Output High for direct connect to control panel



Specification

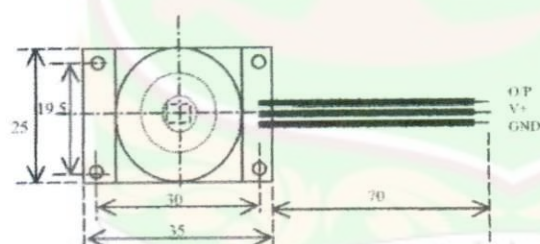
	Min	Typ	Max	Unit
Operation Voltage	4.7	5	12	V
Standby Current (no load)		300		μ A
Output Pulse Width	0.5			Sec
Output High Voltage		5		V
Detection Range		5		M
Operation Temperature	-20	25	50	$^{\circ}$ C
Humidity Range			95	%

Note: 1. All other features and specification, please refer to KC778B
2. Minimum output pulse width can be customer specified.

Standard Configuration

PIR controller	KC778B in dice form
PIR Sensor	RE200B by NICERA
Lens	Ball lens of 60 $^{\circ}$ detection angle
Connector	3 leads flat cable, Power, GND, O/P

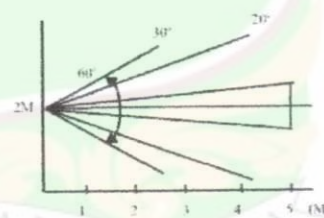
Mechanical Dimension



Lens Dimension (unit in mm)



Vertical View Pattern



Application Note:

1. The PIR sensor is sensitive to the temperature change and therefore to prevent from operating the module in rapid environmental temperature changes, strong shock or vibration. Don't expose to the direct sun light or headlights of automobile. Don't expose to direct wind from heater or air conditioner.
2. This module is designed for indoor use. If using in outdoor, make sure to apply suitable supplemental optical filter and drop-proof, anti-dew construction
3. Detection range might be varied in different environmental temperature condition.

Lampiran 7. Data Sheet Mikrokontroler AT89S51

Features

- Compatible with MCS-51® Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
 - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

Description

The AT89S51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S51 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.



**8-bit
Microcontroller
with 4K Bytes
In-System
Programmable
Flash**

AT89S51

Preliminary

Rev. 2487A-10/01



Pin Configurations

PDIP

P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

PLCC

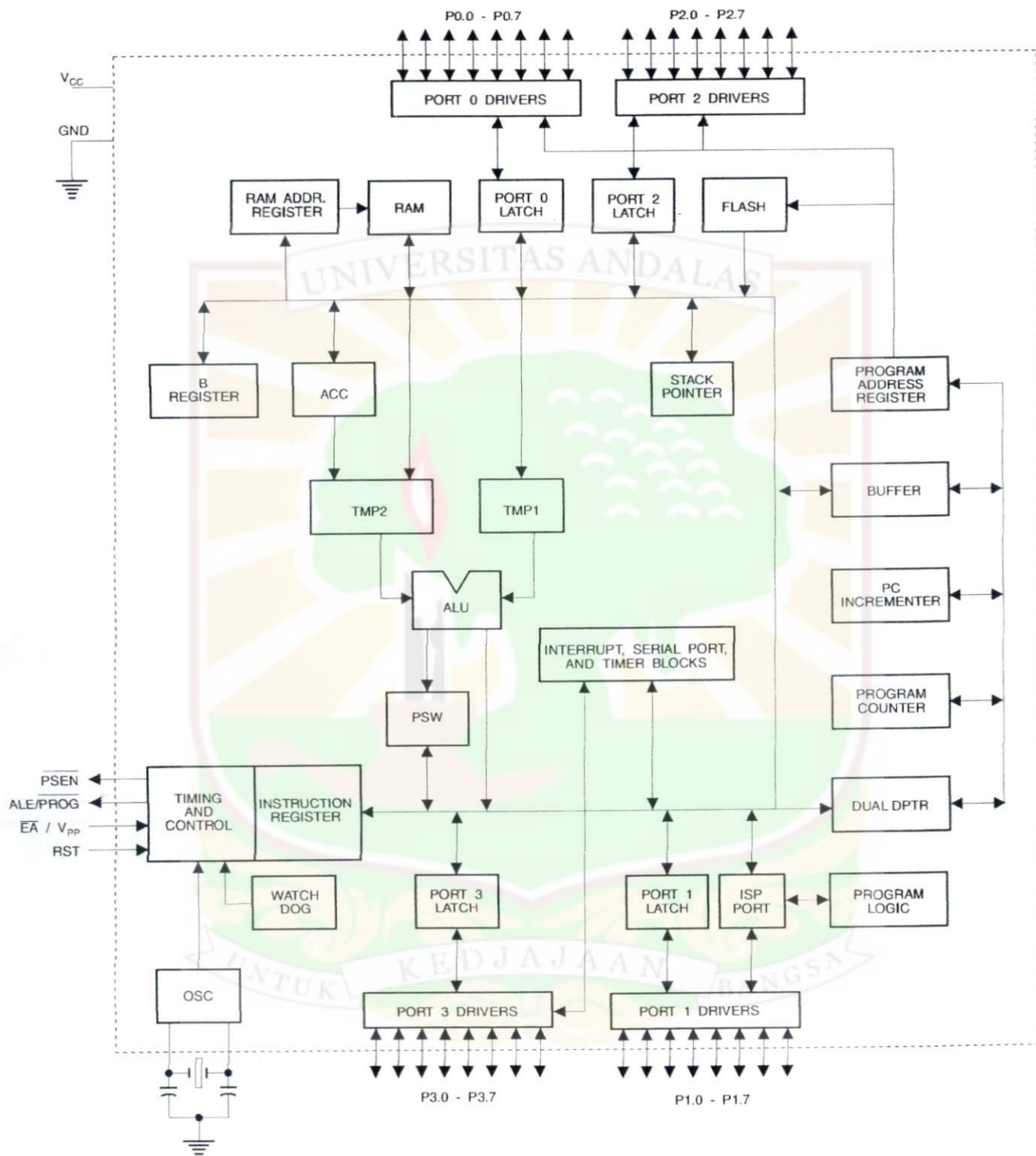
P1.4	6	P1.5	7	P0.4 (AD4)
P1.3	5	P1.6	8	P0.5 (AD5)
P1.2	4	P1.7	9	P0.6 (AD6)
P1.1	3	RST	10	P0.7 (AD7)
P1.0	2	(RXD) P3.0	11	EA/VPP
NC	1	NC	12	NC
VCC	44	(TXD) P3.1	13	ALE/PROG
P0.0 (AD0)	43	(INT0) P3.2	14	PSEN
P0.1 (AD1)	42	(INT1) P3.3	15	P2.7 (A15)
P0.2 (AD2)	41	(T0) P3.4	16	P2.6 (A14)
P0.3 (AD3)	40	(T1) P3.5	17	P2.5 (A13)
		(WR) P3.6	18	
		(RD) P3.7	19	
		XTAL2	20	
		XTAL1	21	
		GND	22	
		NC	23	
		(A8) P2.0	24	
		(A9) P2.1	25	
		(A10) P2.2	26	
		(A11) P2.3	27	
		(A12) P2.4	28	

TQFP

P1.4	44	P1.5	1	P0.4 (AD4)
P1.3	43	P1.6	2	P0.5 (AD5)
P1.2	42	P1.7	3	P0.6 (AD6)
P1.1	41	RST	4	P0.7 (AD7)
P1.0	40	(RXD) P3.0	5	EA/VPP
NC	39	NC	6	NC
VCC	38	(TXD) P3.1	7	ALE/PROG
P0.0 (AD0)	37	(INT0) P3.2	8	PSEN
P0.1 (AD1)	36	(INT1) P3.3	9	P2.7 (A15)
P0.2 (AD2)	35	(T0) P3.4	10	P2.6 (A14)
P0.3 (AD3)	34	(T1) P3.5	11	P2.5 (A13)
		(WR) P3.6	12	
		(RD) P3.7	13	
		XTAL2	14	
		XTAL1	15	
		GND	16	
		GND	17	
		(A8) P2.0	18	
		(A9) P2.1	19	
		(A10) P2.2	20	
		(A11) P2.3	21	
		(A12) P2.4	22	

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

Block Diagram



Pin Description

VCC Supply voltage.

GND Ground.

Port 0 Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pull-ups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. **External pull-ups are required during program verification.**

Port 1 Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Port 2 Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3 Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pull-ups.

Port 3 receives some control signals for Flash programming and verification.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S51, as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives High for 98 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

ALE/PROG

Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

 $\overline{\text{PSEN}}$

Program Store Enable ($\overline{\text{PSEN}}$) is the read strobe to external program memory.

When the AT89S51 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

 $\overline{\text{EA/VPP}}$

External Access Enable. $\overline{\text{EA}}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{\text{EA}}$ will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier



Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111	AUXR1 XXXXXX0				WDTRST XXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Interrupt Registers: The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the five interrupt sources in the IP register.

Table 2. AUXR: Auxiliary Register

AUXR	Address = 8EH							Reset Value = XXX00XX0B
Not Bit Addressable	–	–	–	WDIDLE	DISRTO	–	–	DISALE
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
–	Reserved for future expansion							
DISALE	Disable/Enable ALE							
	DISALE							
	Operating Mode							
	0 ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency							
	1 ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction							
DISRTO	Disable/Enable Reset out							
	DISRTO							
	0 Reset pin is driven High after WDT times out							
	1 Reset pin is input only							
WDIDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode							
	WDIDLE							
	0 WDT continues to count in IDLE mode							
	1 WDT halts counting in IDLE mode							

Dual Data Pointer Registers: To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Data Pointer Registers are provided: DP0 at SFR address locations 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in SFR AUXR1 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should always initialize the DPS bit to the appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.



Power Off Flag: The Power Off Flag (POF) is located at bit 4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by reset.

Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1

AUXR1								
Address = A2H								
Reset Value = XXXXXX0B								
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	DPS
	–	–	–	–	–	–	–	0
–	Reserved for future expansion							
DPS	Data Pointer Register Select							
DPS								
0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H							
1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H							

Memory Organization

Program Memory

MCS-51 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

If the \overline{EA} pin is connected to GND, all program fetches are directed to external memory.

On the AT89S51, if \overline{EA} is connected to V_{CC} , program fetches to addresses 0000H through FFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 1000H through FFFFH are directed to external memory.

Data Memory

The AT89S51 implements 128 bytes of on-chip RAM. The 128 bytes are accessible via direct and indirect addressing modes. Stack operations are examples of indirect addressing, so the 128 bytes of data RAM are available as stack space.

Watchdog Timer (One-time Enabled with Reset-out)

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 14-bit counter and the Watchdog Timer Reset (WDTRST) SFR. The WDT is defaulted to disable from exiting reset. To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. The WDT timeout period is dependent on the external clock frequency. There is no way to disable the WDT except through reset (either hardware reset or WDT overflow reset). When WDT overflows, it will drive an output RESET HIGH pulse at the RST pin.

Using the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 14-bit counter overflows when it reaches 16383 (3FFFH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 16383 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse duration is $98 \times TOSC$, where $TOSC = 1/FOSC$. To make the best use of the WDT, it

should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

WDT During Power-down and Idle

In Power-down mode the oscillator stops, which means the WDT also stops. While in Power-down mode, the user does not need to service the WDT. There are two methods of exiting Power-down mode: by a hardware reset or via a level-activated external interrupt, which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited with hardware reset, servicing the WDT should occur as it normally does whenever the AT89S51 is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The interrupt is held low long enough for the oscillator to stabilize. When the interrupt is brought high, the interrupt is serviced. To prevent the WDT from resetting the device while the interrupt pin is held low, the WDT is not started until the interrupt is pulled high. It is suggested that the WDT be reset during the interrupt service for the interrupt used to exit Power-down mode.

To ensure that the WDT does not overflow within a few states of exiting Power-down, it is best to reset the WDT just before entering Power-down mode.

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from resetting the AT89S51 while in IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

With WDIDLE bit enabled, the WDT will stop to count in IDLE mode and resumes the count upon exit from IDLE.

UART

The UART in the AT89S51 operates the same way as the UART in the AT89C51. For further information on the UART operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S51 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51. For further information on the timers' operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

Interrupts

The AT89S51 has a total of five interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), two timer interrupts (Timers 0 and 1), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 1.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 4 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89S51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle



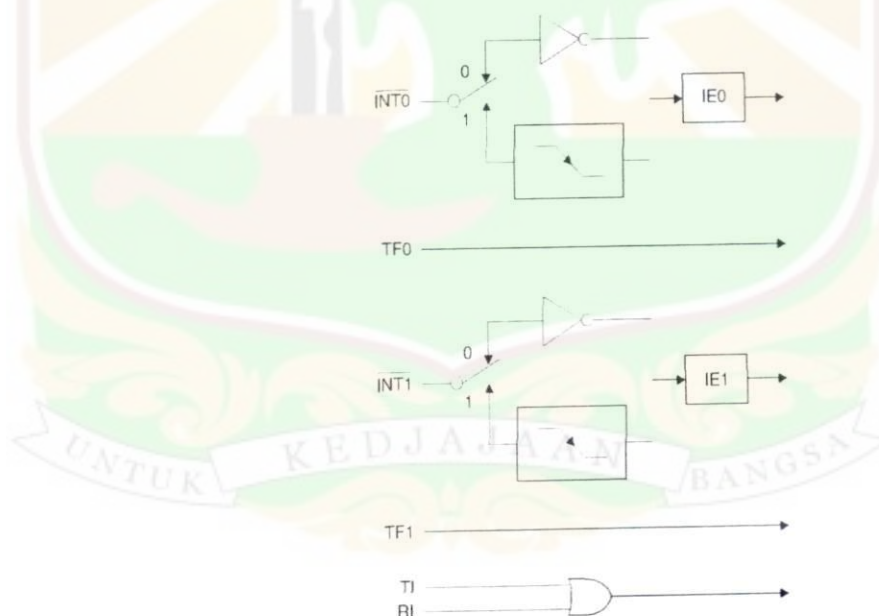
**Table 4. Interrupt Enable (IE) Register**

(MSB)				(LSB)			
EA	–	–	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.
Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
–	IE.6	Reserved
–	IE.5	Reserved
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit

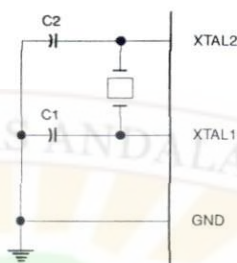
User software should never write 1s to reserved bits, because they may be used in future AT89 products.

Figure 1. Interrupt Sources

Oscillator Characteristics

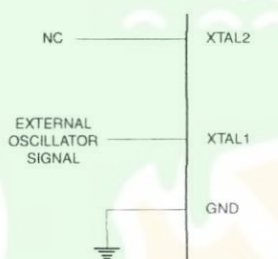
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 3. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 2. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF \pm 10 pF for Crystals = 40 pF \pm 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 3. External Clock Drive Configuration



Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special function registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power-down Mode

In the Power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes Power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power-down mode is terminated. Exit from Power-down mode can be initiated either by a hardware reset or by activation of an enabled external interrupt into $\overline{\text{INT0}}$ or $\overline{\text{INT1}}$. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

**Table 5.** Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Program Memory Lock Bits

The AT89S51 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

Table 6. Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOVX instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, EA is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the \overline{EA} pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of \overline{EA} must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Programming the Flash – Parallel Mode

The AT89S51 is shipped with the on-chip Flash memory array ready to be programmed. The programming interface needs a high-voltage (12-volt) program enable signal and is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89S51 code memory array is programmed byte-by-byte.

Programming Algorithm: Before programming the AT89S51, the address, data, and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 13 and 14. To program the AT89S51, take the following steps:

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EA}/V_{PP} to 12V.
5. Pulse ALE/ \overline{PROG} once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 50 μ s. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89S51 features Data Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The status of the individual lock bits can be verified directly by reading them back.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel

(100H) = 51H indicates 89S51

(200H) = 06H

Chip Erase: In the parallel programming mode, a chip erase operation is initiated by using the proper combination of control signals and by pulsing ALE/PROG low for a duration of 200 ns - 500 ns.

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 500 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data output.

The Code memory array can be programmed using the serial ISP interface while RST is pulled to V_{CC} . The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before other operations can be executed. Before a reprogramming sequence can occur, a Chip Erase operation is required.

The Chip Erase operation turns the content of every memory location in the Code array into FFH.

Either an external system clock can be supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

To program and verify the AT89S51 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:

Apply power between VCC and GND pins.

Set RST pin to "H".

If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.

2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.
3. The Code array is programmed one byte at a time in either the Byte or Page mode. The write cycle is self-timed and typically takes less than 0.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction that returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.

Programming the Flash – Serial Mode

Serial Programming Algorithm





Power-off sequence (if needed):

Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).

Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

Data Polling: The Data Polling feature is also available in the serial mode. In this mode, during a write cycle an attempted read of the last byte written will result in the complement of the MSB of the serial output byte on MISO.

Serial Programming Instruction Set

The Instruction Set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 8 on page 18.

Programming Interface – Parallel Mode

Every code byte in the Flash array can be programmed by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 7. Flash Programming Modes

Mode	V_{CC}	RST	\overline{PSEN}	ALE/ \overline{PROG}	$\overline{EA}/$ V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.3-0	P1.7-0
												Address	
Write Code Data	5V	H	L	(2)	12V	L	H	H	H	H	D_{IN}	A11-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D_{OUT}	A11-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L	(3)	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L	(3)	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L	(3)	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 1, 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L	(1)	12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Read Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	51H	0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	0010	00H

- Notes:
1. Each \overline{PROG} pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
 2. Each \overline{PROG} pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
 3. Each \overline{PROG} pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
 4. RDY/BSY signal is output on P3.0 during programming.
 5. X = don't care.

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

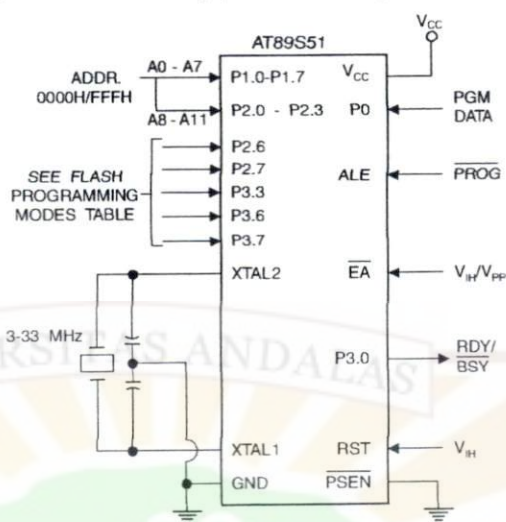
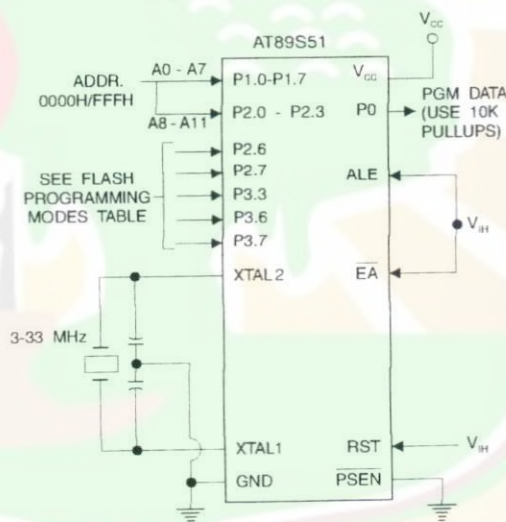


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)





Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

$T_A = 20^\circ\text{C}$ to 30°C , $V_{CC} = 4.5$ to 5.5V

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Supply Current		10	mA
I_{CC}	V_{CC} Supply Current		30	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSB}	P2.7 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t_{GHSL}	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHOZ}	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHLB}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		50	μs

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

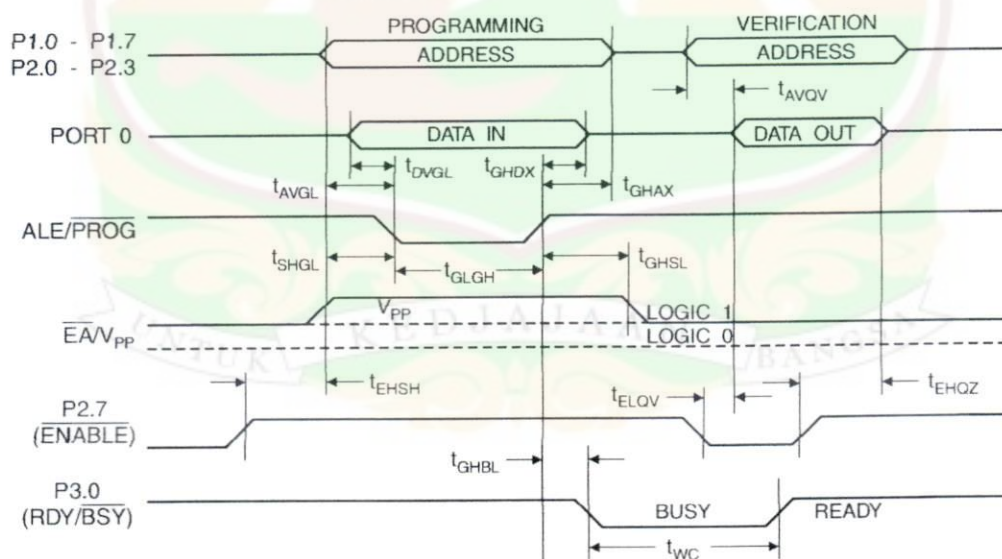
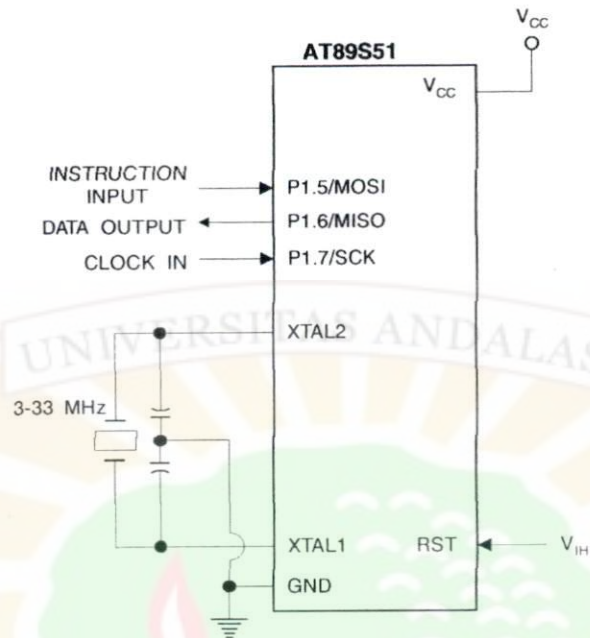


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading

Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

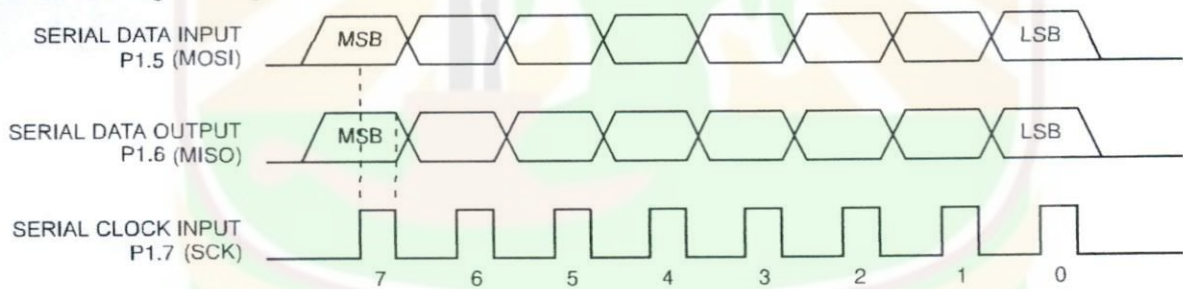
Figure 8. Serial Programming Waveforms



Table 8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Operation
	Byte 1				
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A76543 A21 A0	76543 0000 0000 0000	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A76543 A21 A0	76543 0000 0000 0000	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx B2 B1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1	A0 xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

Notes: 1. The signature bytes are not readable in Lock Bit Modes 3 and 4.

2. B1 = 0, B2 = 0 → Mode 1, no lock protection
 B1 = 0, B2 = 1 → Mode 2, lock bit 1 activated
 B1 = 1, B2 = 0 → Mode 3, lock bit 2 activated
 B1 = 1, B2 = 1 → Mode 4, lock bit 3 activated

Each of the lock bits needs to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.

After Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 system clocks before it goes high to clock in the enable data bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at XTAL1.

For Page Read/Write, the data always starts from byte 0 to 255. After the command byte and upper address byte are latched, each byte thereafter is treated as data until all 256 bytes are shifted in/out. Then the next instruction will be ready to be decoded.

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

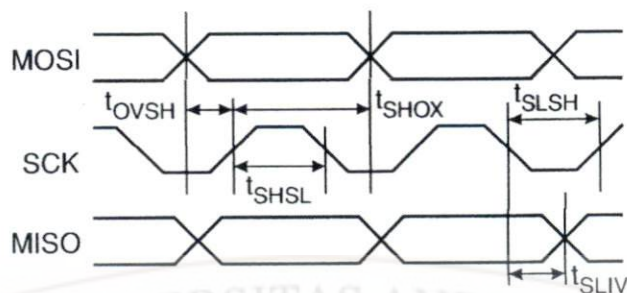


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0		33	MHz
t_{CLCL}	Oscillator Period	30			ns
t_{SHSL}	SCK Pulse Width High	$8 t_{CLCL}$			ns
t_{SLSH}	SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLCL}$			ns
t_{OVSH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CLCL}			ns
t_{SHOX}	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{SLIV}	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t_{ERASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t_{SWC}	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	μs



Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

***NOTICE:** Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 4.0\text{V}$ to 5.5V , unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	μA

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
 Maximum I_{OL} per 8-bit port:
 Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
 If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

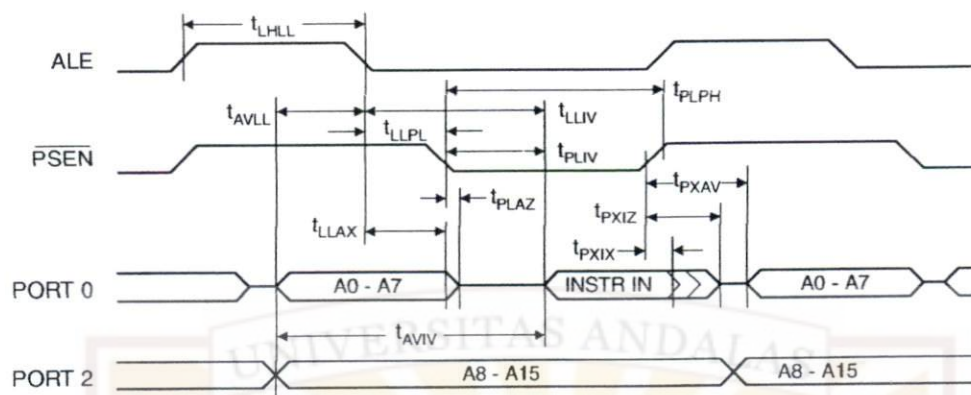
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-45$		ns
t_{PLIV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-60$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-25$	ns
t_{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-80$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-30$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-130$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-25$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

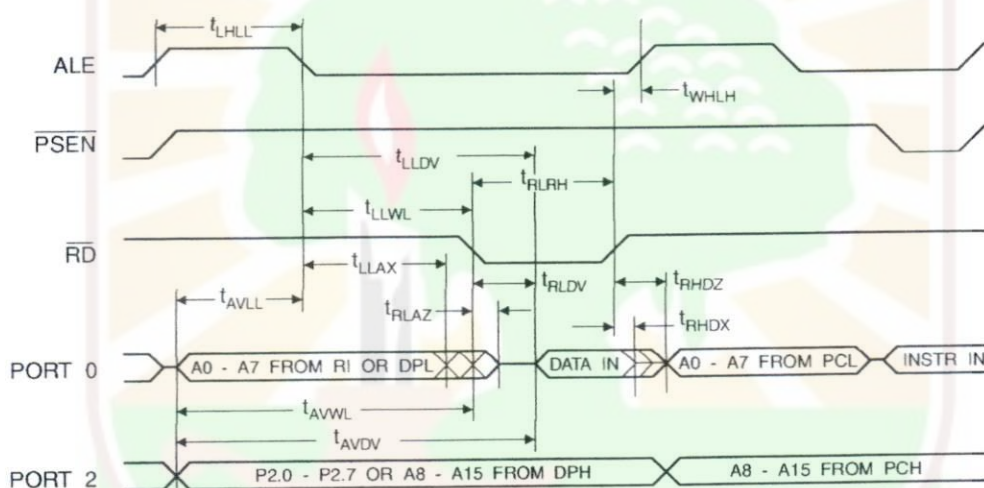




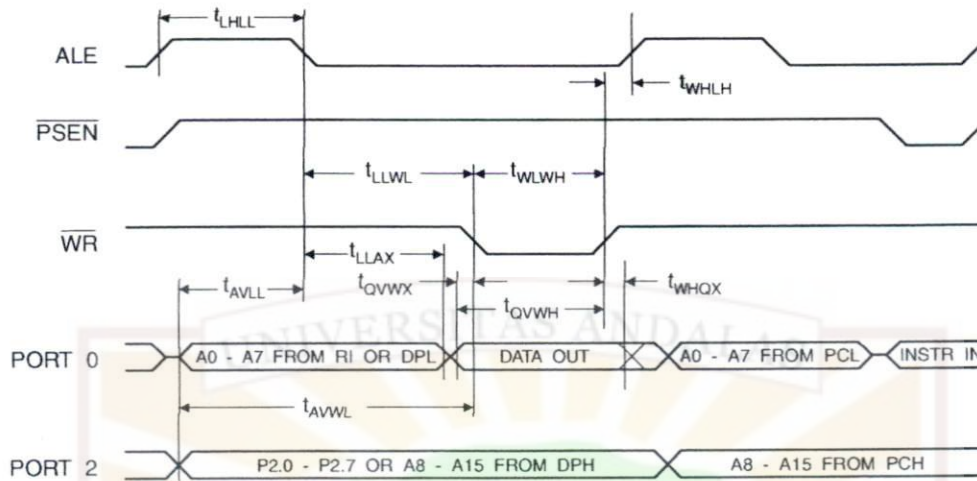
External Program Memory Read Cycle



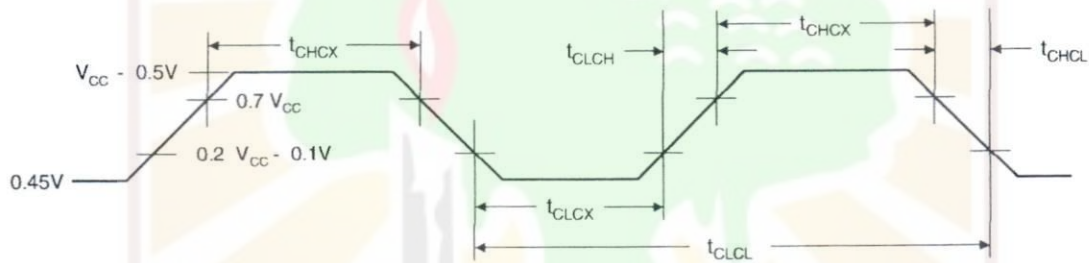
External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	33	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	30		ns
t_{CHCX}	High Time	12		ns
t_{CLCX}	Low Time	12		ns
t_{CLCH}	Rise Time		5	ns
t_{CHCL}	Fall Time		5	ns

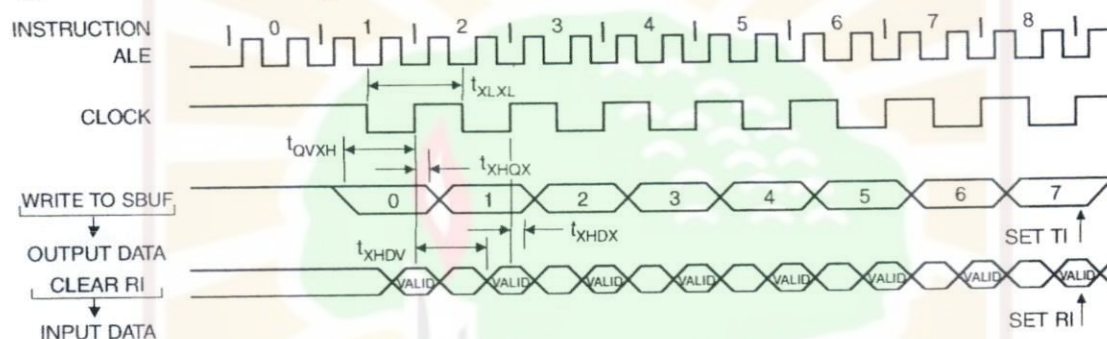


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

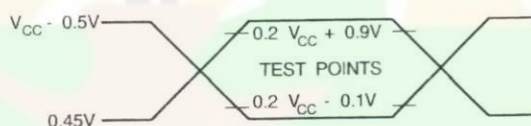
The values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL} - 133$		ns
t_{XHGX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL} - 80$		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL} - 133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

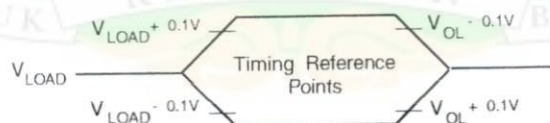


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at $V_{CC} - 0.5V$ for a logic 1 and $0.45V$ for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms⁽¹⁾

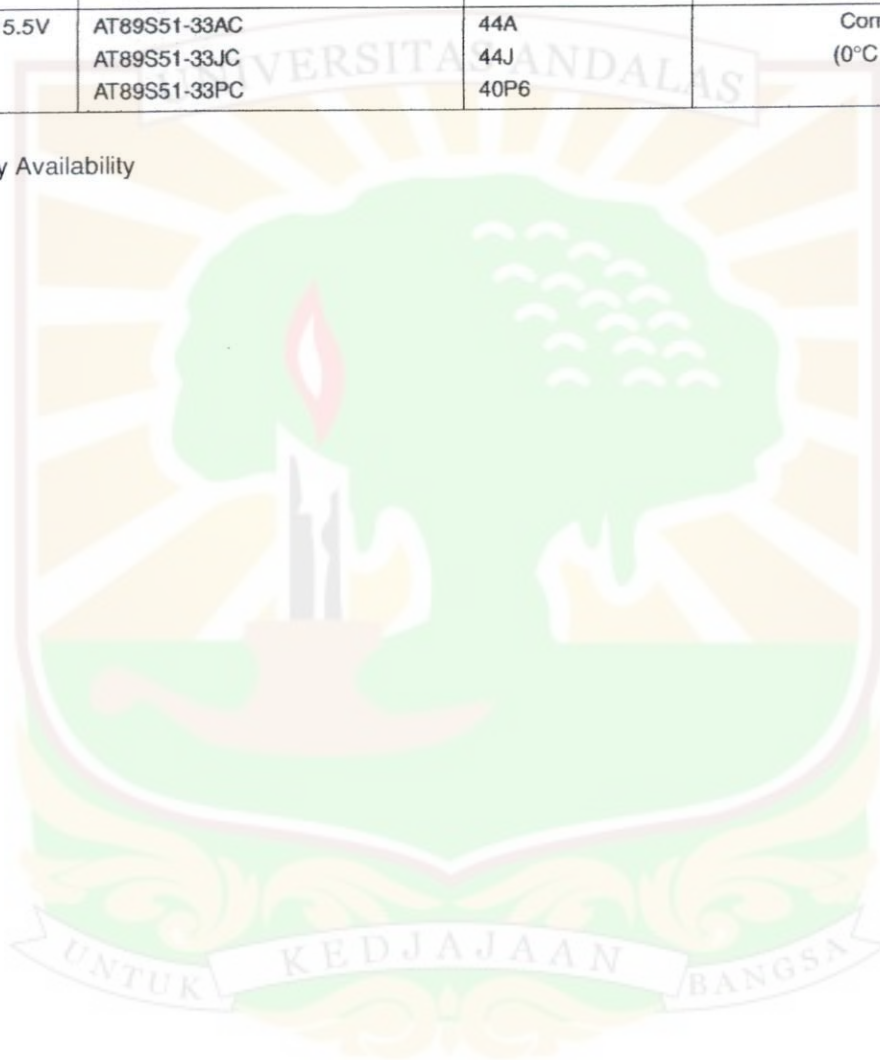


Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89S51-24JC	44J	
		AT89S51-24PC	40P6	
		AT89S51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89S51-24JI	44J	
		AT89S51-24PI	40P6	
33	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89S51-33JC	44J	
		AT89S51-33PC	40P6	

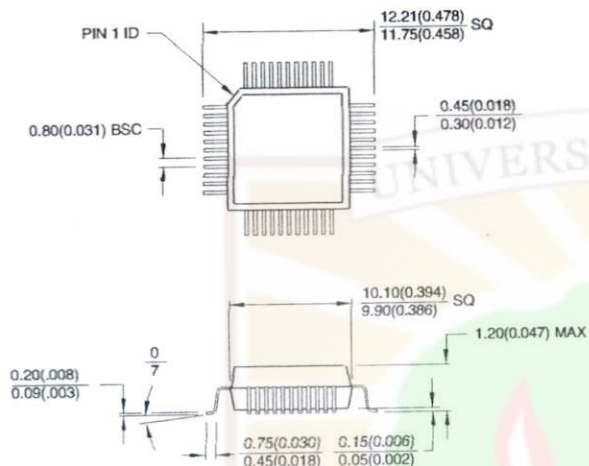
☐ = Preliminary Availability



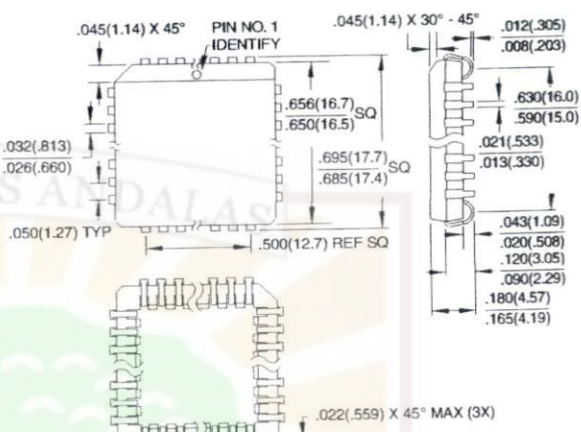
Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*

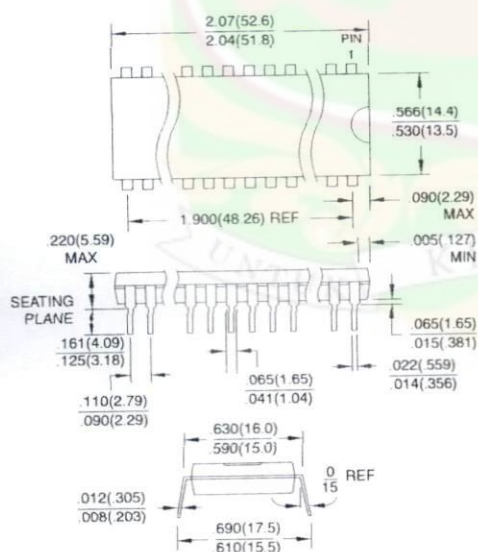


44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



*Controlling dimension: millimeters

40P6, 40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-011 AC





Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe

Atmel SarL
Route des Arsenaux 41
Casa Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
TEL (41) 26-426-5555
FAX (41) 26-426-5500

Asia

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan

Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Product Operations

Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Grenoble

Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex, France
TEL (33) 4-7658-3000
FAX (33) 4-7658-3480

Atmel Heilbronn

Theresienstrasse 2
POB 3535
D-74025 Heilbronn, Germany
TEL (49) 71 31 67 25 94
FAX (49) 71 31 67 24 23

Atmel Nantes

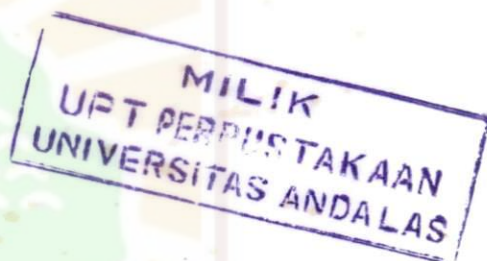
La Chantrerie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3, France
TEL (33) 0 2 40 18 18 18
FAX (33) 0 2 40 18 19 60

Atmel Rousset

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex, France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Atmel Smart Card ICs

Scottish Enterprise Technology Park
East Kilbride, Scotland G75 0QR
TEL (44) 1355-357-000
FAX (44) 1355-242-743



e-mail
literature@atmel.com

Web Site
<http://www.atmel.com>

© Atmel Corporation 2001.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

ATMEL® is the registered trademark of Atmel.

MCS-51® is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM

